

# **DURABILIDADE DE APARELHOS DE APOIO E JUNTAS DE DILATAÇÃO EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS**

**MIGUEL ARAÚJO AZEVEDO MAIA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor José Manuel Marques Amorim de Araújo Faria

---

Coorientador: Engenheiro João Henriques Flores

JUNHO DE 2014

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2013/2014**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Ao meu Avô José.





## **AGRADECIMENTOS**

Ao finalizar este trabalho é com grande e sincera gratidão que desejo tornar público o meu reconhecimento a todos aqueles que de alguma forma me apoiaram na realização desta tese.

Ao Professor Doutor José Amorim Faria, meu orientador científico, pelo permanente apoio, entusiasmo, disponibilidade, dedicação e conselhos que transportou para as nossas reuniões.

Ao Eng.º João Flores, Diretor de Obra do Departamento de Pré-Esforço da Mota-Engil, coorientador científico da tese e supervisor do estágio realizado na Mota-Engil, pela dedicação, disponibilidade e apoio que sempre me deu.

À Dr.<sup>a</sup> Maria Teresa Vasconcelos Mota Neves da Costa, à Dr.<sup>a</sup> Teresa Mota Neves e à Dr.<sup>a</sup> Marisa Prada Belchior por terem tornado possível o desenvolvimento deste trabalho na Mota-Engil.

À Mota-Engil que, não só me recebeu, como também mostrou interesse e patrocinou o desenvolvimento deste trabalho nomeadamente:

- ao Eng.º Manuel Costa, Coordenador da Divisão de Unidades Operacionais e Técnicas, por ter aprovado e apoiado o projeto realizado;
- ao Eng.º Paulo Carvalho, Diretor do Departamento de Pré-Esforço, por ter acreditado e apoiado este trabalho.

A todos os que me ajudaram na Mota-Engil, onde foi realizado o trabalho que suportou a minha tese, e em particular àqueles que mais de perto comigo trabalharam, nomeadamente:

- Eng.º Luís Monteiro;
- José Carlos Silva;
- Irene Berta;
- a todos os encarregados, chefes de equipa e oficiais de campo e de estaleiro com quem trabalhei e que contribuíram para a minha formação.

Ao Professor Doutor Joaquim Barros, ao Professor Doutor Jorge de Brito, e ao Eng.º João Marques Lima por me terem disponibilizado materiais que foram um contributo essencial para o desenvolvimento do meu trabalho.

Ao Eng.º João Santos da Bubble Surprise pelo esforço demonstrado em desenvolver a aplicação de forma a poder ser inserida nesta tese.

Aos meus colegas e amigos que, de uma forma ou outra, me ajudaram ao longo deste trabalho entre os quais destaco Pedro Reis, Manuel Sousa e Silva, José Adrêgo, Rui Marrana, Francisco Pimenta.

Finalmente um agradecimento especial aos meus pais por me terem dado um apoio incondicional ao longo de todo o meu percurso académico.

FEUP, Junho de 2014



## RESUMO

A presente dissertação, elaborada em ambiente empresarial, aborda o assunto da durabilidade de aparelhos de apoio e de juntas de dilatação e tem como objetivo registrar e caracterizar as anomalias mais correntes nestes dispositivos procurando fazer uma proposta que, de forma inovadora, possa contribuir para a sua solução.

O trabalho foi desenvolvido no departamento de Pré-Esforço da empresa Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A. (MEEC-PE) onde o autor estagiou entre Fevereiro e Junho de 2014.

Em primeiro lugar foi elaborada uma caracterização dos aparelhos de apoio e das juntas de dilatação mais comuns no mercado e nas obras de arte construídas. No final desta primeira fase da pesquisa, procedeu-se a uma caracterização mais cuidada do mercado no qual se inserem a empresa e os produtos por ela comercializados (Agom, Ennis-Flint).

A partir de um conjunto de visitas a obras e do acompanhamento de uma série de trabalhos de instalação e manutenção, foram elaborados casos de estudo nos quais se caracterizaram as anomalias encontradas, as suas causas e consequências, permitindo assim recomendar ações de reparação e ações preventivas.

Após uma análise cuidada destes elementos, identificaram-se como principais causas das anomalias nos aparelhos de apoio, a falta de conhecimento da importância destes elementos para o funcionamento estrutural e a falta de conhecimento dos procedimentos de instalação. Para as juntas de dilatação, reconheceram-se como principal causa das anomalias a pouca importância atribuída às manutenções preventivas.

No sentido de evitar que os erros conducentes às anomalias registadas se repitam, elaborou-se uma metodologia que recorre ao preenchimento de *checklists* baseadas em pontos simples, para condução dos procedimentos nos casos das instalações, e para verificação das condições dos produtos, nos casos das manutenções.

Uma vez que o preenchimento de fichas em obra tem tendência a ser adiado, isto é, preenchido apenas no final da obra, e uma vez que cada vez mais as empresas trabalham fora do território nacional, de forma a implementar esta metodologia, foi elaborado um projeto de uma aplicação para dispositivos móveis batizado como (MERC *Webmobile*) através da qual o serviço especializado da empresa dedicado a juntas e aparelhos de apoio (MEEC-PE), os operários, os clientes e os donos de obra têm acesso a toda a informação relativa aos produtos a instalar além de serem avisados relativamente às inspeções e manutenções a elaborar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Durabilidade, Aparelho de Apoio, Junta de dilatação, Anomalia, Manutenção, Aplicação *web*



## **ABSTRACT**

The following thesis, elaborated in business environment, addresses the issue of durability of bridge bearings and expansion joints and aimed to register and characterize the most common anomalies in these devices, in order to seek for a proposal that would lead to an innovative contribution for its solution.

The present work was developed at the Post Tension department of Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A. (MEEC-PE), where the author did his internship between February and June 2014.

Firstly, it was carried out a characterization of the most common bridge bearings and expansion joints in the market and constructed bridges. This research led to a more careful characterization of the market in which the company operates and the products they commercialize (Agom, Ennis-Flint).

From a series of visits to construction sites and by monitoring a set of installation and maintenance works, some cases of study were elaborated in which were characterized the anomalies found, its causes and consequences, allowing to recommend repair and preventive measures.

After thorough analysis of these elements, lack of knowledge of the importance of these elements for the structural behavior and lack of knowledge of installation procedures were identified as major causes of anomalies in the bridge bearings. Regarding expansion joints it was recognized as the major cause of their anomalies the low priority given to preventive maintenance.

In order to avoid the same mistakes that would led to mentioned anomalies, a methodology using simple checklists was created, to conduct installation procedures, and to check the product's condition in cases of maintenance.

Knowing that taking care of this kind of paperwork at construction site tends to be delayed, sometimes even filled at the end of the work, and since more and more the companies work abroad, in order to implement this methodology, a project for a web application, named (MERC Webmobile) was developed in which the office, workers, customers and owners not only have access to all information related to the products to be installed but also are warned about possible inspections and maintenance to elaborate.

**KEYWORDS:** Durability, Bridge Bearings, Expansion Joints, Anomalies, Maintenance, Web Application



## **ÍNDICE GERAL**

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>i</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 JUSTIFICAÇÃO DE INTERESSE .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 ÂMBITO E OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 METODOLOGIA UTILIZADA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 ORGANIZAÇÃO DA TESE .....</b>	<b>4</b>
<b>2. APARELHOS DE APOIO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL – EN1337 .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 APARELHOS DE APOIO METÁLICOS .....</b>	<b>9</b>
2.3.1 APARELHOS DE APOIO DE ROLO OU ROLETE .....	10
A.1) APARELHOS DE APOIO DE ROLETE SIMPLES.....	10
A.2) APARELHOS DE APOIO DE ROLETES MÚLTIPLOS.....	11
A.3) APARELHOS DE APOIO DE ROLETES COM DENTES DE GUIAMENTO.....	11
2.3.2 APARELHOS DE APOIO DO TIPO PÊNDULO .....	11
B.1.) APARELHOS DE APOIO DE PÊNDULO COM CONTACTO LINEAR.....	12
B.2.) APARELHOS DE APOIO DE PÊNDULO COM CONTACTO PONTUAL .....	12
2.3.3 APARELHOS DE APOIO DESLIZANTES .....	13
C.1.) PLACAS DE AÇO LUBRIFICADAS .....	13
C.2.) PLACAS DE CHUMBO ENTRE PLACAS DE AÇO.....	13
C.3.) PLACAS DE BRONZE .....	13
C.4.) APARELHOS DE APOIO AUTO-LUBRIFICANTES .....	14

C.5.) PTFE SOBRE AÇO INOXIDÁVEL .....	14
2.3.4 ARTICULAÇÕES METÁLICAS .....	15
2.3.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE APARELHOS DE APOIO METÁLICOS .....	15
<b>2.4 APARELHOS DE APOIO DE APARELHOS DE ELASTÓMERO .....</b>	<b>16</b>
2.4.1 APARELHOS DE APOIO DE ELASTÓMERO SIMPLES .....	16
2.4.2 APARELHOS DE APOIO DE ELASTÓMERO OU NEOPRENE CINTADO .....	17
2.4.3 CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A EN 1337 .....	18
2.4.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS APARELHOS DE APOIO DE ELASTÓMERO .....	19
<b>2.5 APARELHOS DE APOIO DE PANELA .....</b>	<b>20</b>
2.5.1 APARELHOS DE APOIO DE PANELA .....	20
2.5.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE APARELHOS DE APOIO DE PANELA .....	21
2.5.3 APARELHOS DE APOIO DE PANELA DESLIZANTES OU ELETRÔNICOS .....	22
<b>2.6 APARELHOS DE APOIO CILÍNDRICOS OU ESFÉRICOS COM PTFE .....</b>	<b>22</b>
2.6.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE APARELHOS DE APOIO CILÍNDRICOS OU ESFÉRICOS COM PTFE .....	23
<b>2.7 APARELHOS DE APOIO SÍSMICOS .....</b>	<b>24</b>
2.7.1 APARELHOS DE APOIO ANTSSÍSMICOS .....	24
2.7.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS APARELHOS DE APOIO ISOLADORES SÍSMICOS .....	25
2.7.3 APARELHOS DE APOIO ANTSSÍSMICOS COM APARELHOS OLEODINÂMICOS ACOPLADOS .....	25
2.7.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS APARELHOS OLEODINÂMICOS .....	27
 <b>3. JUNTAS DE DILATAÇÃO .....</b>	 <b>29</b>
<b>3.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 TIPOS DE CLASSIFICAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3 CARACTERIZAÇÃO DA TIPOLOGIA ADOTADA .....</b>	<b>30</b>
3.3.1 JUNTAS ABERTAS .....	30
3.3.2 JUNTAS OCULTAS SOB PAVIMENTO CONTÍNUO .....	32
3.3.3 JUNTAS DE BETUME MODIFICADO .....	33
3.3.4 JUNTAS SELADAS COM MATERIAL ELÁSTICO .....	35



3.3.5 JUNTAS EM PERFIL DE ELASTÓMERO COMPRIMIDO .....	36
3.3.6 BANDAS FLEXÍVEIS DE ELASTÓMERO .....	37
3.3.7 PLACAS METÁLICAS DESLIZANTES .....	39
3.3.8 JUNTAS DE ELASTÓMERO ARMADO .....	40
3.3.9 PENTES METÁLICOS EM CONSOLA .....	42
3.3.10 JUNTAS DE ELASTÓMERO ARMADO COMPOSTAS.....	44
3.3.11 PLACAS METÁLICAS COM ROLETES.....	45
3.3.12 JUNTAS MODULARES .....	46

## **4. APARELHOS DE APOIO E JUNTAS DE DILATAÇÃO APLICADOS PELA MEEC .....**

### **4.1 BREVE CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO .....**

### **4.2 CARACTERIZAÇÃO DA MOTA-ENGIL PRÉ-ESFORÇO E DAS EMPRESAS PARCEIRAS.....**

#### **4.2.1 MOTA-ENGIL ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO - PRÉ-ESFORÇO .....**

#### **4.2.2 AGOM .....**

#### **4.2.3 ENNIS-FLINT.....**

### **4.3 ÂMBITO – CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DOS PRODUTOS COMERCIALIZADOS PELA MOTA-ENGIL ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO - PRÉ-ESFORÇO (MEEC-PE).....**

#### **4.3.1 JUNTAS DE DILATAÇÃO APARENTES UTILIZADAS PELA MEEC-PE - AGOM.....**

##### **A.) CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA - JUNTAS DE DILATAÇÃO PARA AUTOESTRADAS – AGFLEXJ & AGFLEX BJ**

#### **4.3.2 APARELHOS DE APOIO UTILIZADOS PELA MEEC-PE - AGOM .....**

##### **B.) CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA .....**

##### **B.1) APARELHOS DE APOIO DE ELASTÓMERO .....**

##### **B.2) APARELHOS DE APOIO DO TIPO PANELA (*POT BEARING*) .....**

#### **4.3.3 JUNTAS DE DILATAÇÃO NÃO-APARENTES - ENNIS-FLINT.....**

##### **C.) CARACTERIZAÇÃO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO UTILIZADAS PELA MEEC-PE .....**

## **5. CASOS DE ESTUDO-APARELHOS DE APOIO .....**

### **5.1 OBJETO E ÂMBITO .....**

<b>5.2 BREVE DESCRIÇÃO DAS OBRAS ESTUDADAS .....</b>	<b>69</b>
CASO 1: VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DOS BRAÇAIIS.....	69
CASO 2: VIADUTO DO VALE DO INFERNO .....	70
CASO 3: PS2 LOTE 3 (IC3) .....	71
CASO 4: NÓ DE SOURE .....	71
<b>5.3 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DOS APARELHOS DE APOIO INSTALADOS .....</b>	<b>72</b>
CASO 1: VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DOS BRAÇAIIS.....	72
CASO 2: VIADUTO DO VALE DO INFERNO .....	73
CASO 3: PS2 LOTE 3 .....	74
CASO 4: NÓ DE SOURE .....	75
<b>5.4 ANOMALIAS NOS APARELHOS DE APOIO .....</b>	<b>76</b>
5.4.1 BATENTES COM <i>GROUT</i> .....	76
5.4.2 BASE DOS BATENTES COM INDÍCIOS DE OXIDAÇÃO.....	77
5.4.3 FACE DO BATENTE NÃO ESTÁ TOTALMENTE APOIADA AO BETÃO.....	78
5.4.4 PARAFUSOS DE FIXAÇÃO ENCURVADOS .....	78
5.4.5 APARELHOS DE APOIO SEM CORTINA DE NEOPRENE ANTI POEIRAS .....	78
5.4.6 APARELHO DE APOIO COM SUJIDADE .....	79
5.4.7 BASE DO APARELHO DE APOIO ENTERRADA NO <i>GROUT</i> DO PLINTO.....	80
5.4.8 PARAFUSOS DA CHAPA DE TRAVAMENTO PARTIDOS E CHAPAS DE TRAVAMENTO POR RETIRAR .....	80
5.4.9 PONTEIRO DA ESCALA DE CONTROLO DE DESLOCAMENTOS DEFORMADO OU RETIRADO .....	81
5.4.10 ESCALA DE DESLOCAMENTOS ILEGÍVEL OU RETIRADA .....	81
5.4.11 PLACAS METÁLICAS DE AÇO INOX PARA O DESLIZAMENTO SALPICADAS COM <i>GROUT</i> .....	82
5.4.12 APARELHOS DE APOIO COM INDÍCIOS DE OXIDAÇÃO NAS ESQUINAS .....	83
5.4.13 CHAPA DE IDENTIFICAÇÃO DO APARELHO DE APOIO ILEGÍVEL .....	83
5.4.14 APARELHOS DE APOIO COM GRANDE QUANTIDADE DE ÁGUA CONDENSADA .....	84
5.4.15 BORRACHA ANTI POEIRAS ENTRE PANELA E BASE SUPERIOR PARCIAL OU TOTALMENTE RETIRADA .....	86
5.4.16 GOMA NOS COMPONENTES DO APARELHO DE APOIO.....	86
5.4.17 DEFORMAÇÃO DE COMPONENTES DO APARELHO DE APOIO .....	87

<b>6.CASOS DE ESTUDO-JUNTAS DE DILATAÇÃO</b>	89
<b>6.1 OBJETO E ÂMBITO</b>	89
<b>6.2 BREVE DESCRIÇÃO DAS OBRAS ESTUDADAS</b>	89
<b>6.3 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO INSTALADAS</b>	90
CASO 1: PONTE SOBRE A RIBEIRA DE FLOR DA ROSA – LOTE 2 - PINHAL INTERIOR	90
CASO 2: VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE BRAÇAIS	90
CASO 3:LOTE 7: PONTE SOBRE O RIO OCREZA – PINHAL INTERIOR	90
CASO 4: PS5 LOTE 10 – PINHAL INTERIOR	90
CASO 5: MANUTENÇÃO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO NO SUBLANÇO SELHO / FAFE DA A7	90
CASO 6: PS KM 20+100 DO SUBLANÇO FAMALICÃO / VILA DO CONDE DA A7	90
<b>6.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ANOMALIAS NAS JUNTAS DE DILATAÇÃO</b>	90
6.4.1 FISSURAÇÃO TRANSVERSAL DO BETUMINOSO	90
6.4.2 AFASTAMENTO DO BETUMINOSO DA BANDA DE TRANSIÇÃO	92
6.4.3 DETERIORAÇÃO DA BANDA DE TRANSIÇÃO	93
6.4.4 DETERIORAÇÃO OU AUSÊNCIA DO PREENCHIMENTO DOS NEGATIVOS DOS PARAFUSOS	95
6.4.5 FALTA DE ELEMENTOS DE FIXAÇÃO	96
6.4.6 DEFORMAÇÃO DA JUNTA DE DILATAÇÃO	97
6.4.8 DESTAQUE DE MATERIAL DA JUNTA DE DILATAÇÃO	98
6.4.9 OXIDAÇÃO DOS ELEMENTOS METÁLICOS DA JUNTA	99
6.4.9 DESNÍVEL ENTRE BETUMINOSOS E BANDA DE TRANSIÇÃO DEVIDO A REPAVIMENTAÇÕES	99
6.4.10 PAVIMENTO BETUMADO POR CIMA DE JUNTA DE DILATAÇÃO	100
6.4.11 LOMBA CRIADA PELO EXCESSO DE PRÉ-COMPRESSÃO	101
<b>7. APLICAÇÃO WEBMOBILE</b>	103
<b>7.1 INTRODUÇÃO</b>	103
<b>7.2 OBJETIVO</b>	104
<b>7.3 APP WEBMOBILE</b>	105
7.3.1 CONSTITUIÇÃO DA APLICAÇÃO	105

7.3.2 CONFIGURAÇÃO DA APLICAÇÃO.....	106
A) BASE DE DADOS .....	106
B) WEBSITE.....	108
B.1) GESTÃO DE UTILIZADORES .....	108
B.2) INSERÇÃO DE DADOS .....	109
B.3) IDENTIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS.....	109
C) WEBMOBILE .....	110
C.1) IDENTIFICAÇÃO DE DISPOSITIVOS.....	110
C.2) PREENCHIMENTO DE <i>CHECKLISTS</i> .....	111
<b>7.4 MOTA-ENGIL REGISTRATION &amp; CONTROL – MERC .....</b>	<b>112</b>
7.4.1 APROVAÇÃO, ADJUDICAÇÃO E NOMEAÇÃO .....	112
7.4.2 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO .....	113
A) WEBSITE .....	113
B) WEBMOBILE .....	117
 <b>8. CONCLUSÃO .....</b>	 <b>121</b>
8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	121
8.2 PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS .....	122
8.3 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	124
 <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	 <b>127</b>
 <b>ANEXO I - PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO</b>	
 <b>ANEXO II - CASOS DE ESTUDO - APARELHOS DE APOIO</b>	
 <b>ANEXO III - CASOS DE ESTUDO - JUNTAS DE DILATAÇÃO</b>	
 <b>ANEXO IV - MOTA-ENGIL REGISTRATION AND CONTROL - CADERNO DE ENCARGOS - TERMOS DE REFERÊNCIA</b>	
 <b>ANEXO V - MERC - MANUAL DE FUNCIONAMENTO</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

Figura 2.1: Esquema de um encontro com aparelho de apoio e junta de dilatação (corte vertical).....	8
Figura 2.2: Aparelho de apoio de rolete simples com guia (fonte:(Oladimeji, F.A., 2012)) .....	10
Figura 2.3: Aparelho de apoio de roletes múltiplos (fonte:(Oladimeji, F.A., 2012)) .....	11
Figura 2.4: Aparelho de apoio de roletes com dentes de guiamento (fonte: <a href="http://www.maurer-soehne.com">www.maurer-soehne.com</a> ) .....	11
Figura 2.5: Aparelhos de apoio de pêndulo com contacto linear (fonte: (Oladimeji, F.A., 2012)) .....	12
Figura 2.6: Aparelho de apoio deslizante com placas de aço lubrificadas .....	13
Figura 2.7: Aparelho de apoio deslizante com placas de bronze .....	14
Figura 2.8: Aparelhos de apoio deslizante auto-lubrificante .....	14
Figura 2.9: Aparelho de apoio deslizante com PTFE sobre aço inoxidável (fonte: <a href="http://www.structuralbearingpads.vossengineering.com">www.structuralbearingpads.vossengineering.com</a> ).....	14
Figura 2.10: Articulação metálica (fonte: <a href="http://www.tatasteelconstruction.com">www.tatasteelconstruction.com</a> ) .....	15
Figura 2.11: Aparelho de apoio de elastómero .....	16
Figura 2.12: Reação de um aparelho de apoio de elastómero às várias solicitações (adaptado:(VSL)) .....	16
Figura 2.13: Aparelhos de apoio de neoprene cintado com prato de aço vulcanizado (fonte:(VSL)) ..	17
Figura 2.14: Aparelho de apoio de neoprene cintado fixo (fonte:(VSL)).....	17
Figura 2.15: Aparelho de apoio com deslocamento guiado (fonte:(VSL)).....	18
Figura 2.16: Plinto superior e inferior de um aparelho de apoio de elastómero cintado (fonte: (VSL))	18
Figura 2.17: Tipos de aparelhos de elastómero segundo a EN 1337 (fonte:(European Committee for Standardization, 2005)) .....	19
Figura 2.18: Componentes de um aparelho de apoio do tipo panela (fonte: (VSL)) .....	20
Figura 2.19: Aparelhos de apoio do tipo panela fixo, unidirecional, multidirecional (fonte:(VSL)) .....	21
Figura 2.20: Aparelhos de apoio para deslocamentos sucessivos e para monitorizar cargas verticais(fonte: <a href="http://www.agom.it">www.agom.it</a> ) .....	22
Figura 2.21: Aparelhos de apoio esféricos: constituição e montagem (fonte: <a href="http://www.mageba.com">www.mageba.com</a> ) .....	23
Figura 2.22: Aparelhos de apoio de neoprene cintado antissísmicos (fonte: <a href="http://www.agom.it">www.agom.it</a> ) .....	24
Figura 2.23: Aparelhos de apoio de neoprene cintado antissísmicos com núcleo de chumbo (fonte: <a href="http://www.agom.it">www.agom.it</a> ).....	24
Figura 2.24: Relação da aceleração do movimento sísmico com o período da onda sísmica (adaptado de fonte: <a href="http://www.agom.it">www.agom.it</a> ).....	25
Figura 2.25: Aparelho de apoio antissísmicos com aparelhos oleodinâmicos acoplados ( fonte: <a href="http://www.agom.it">www.agom.it</a> ).....	26

Figura 2.26: Aparelho oleodinâmico (adaptado de <a href="http://www.mageba.com">www.mageba.com</a> ) .....	26
Figura 2.27: Aparelho oleodinâmico amortecedor hidráulico (fonte: <a href="http://www.agom.it">www.agom.it</a> ).....	27
Figura 2.28: Aparelhos oleodinâmicos montados num encontro (fonte: <a href="http://www.agom.it">www.agom.it</a> ) .....	27

### **CAPÍTULO 3**

Figura 3.1: Esquema de um encontro com aparelho de apoio e junta de dilatação (corte vertical) (adaptado de <a href="http://www.steelconstruction.info">www.steelconstruction.info</a> ).....	29
Figura 3.2: Junta de dilatação aberta (adaptado de <a href="http://www.wbacorp.com">www.wbacorp.com</a> ) .....	31
Figura 3.3: Junta de dilatação aberta a ser montada .....	31
Figura 3.4: Pormenorização de projeto de uma junta oculta sob pavimento (fonte: (Rito, A., 1983)) ..	32
Figura 3.5: Junta de betume modificado .....	34
Figura 3.6: Corte esquemático de uma junta selada com material elástico (fonte: <a href="http://www.wbacorp.com">www.wbacorp.com</a> ) .....	35
Figura 3.7: Aplicação de silicone (fonte: (Lima, J.M., 2006)) .....	35
Figura 3.8: Esquema de instalação de um perfil de compressão alveolar (fonte: (Lima, J.M., 2006)) .	36
Figura 3.9: Junta em perfil de elastómero comprimido com perfis metálicos (fonte: <a href="http://www.dsbrown.com">www.dsbrown.com</a> ) .....	37
Figura 3.12: Desenho de junta de placas metálicas deslizantes (fonte: <a href="http://www.arzuiktusico.fm.alibaba.com">www.arzuiktusico.fm.alibaba.com</a> ) .....	39
Figura 3.13: Junta de placas metálicas deslizantes .....	39
Figura 3.14: Juntas de dilatação de corpo simples e de corpo duplo (Fonte: (Lima, J.M., 2006)) .....	40
Figura 3.15: Junta de elastómero armado.....	41
Figura 3.16: Junta de dilatação de pentes metálicos e de dedos metálicos (fonte: <a href="http://www.mageba.net">www.mageba.net</a> )	42
Figura 3.17: Neoprene para impermeabilização (fonte: <a href="http://www.mageba.net">www.mageba.net</a> ) .....	43
Figura 3.18: Junta de dilatação de elastómero armado composta .....	44
Figura 3.19: Junta de dilatação de placas metálicas com roletes (Fonte:(Lima, J.M., 2006)) .....	45
Figura 3.20: Junta modular com perfis metálicos e de elastómero (Fonte: <a href="http://www.mageba.net">www.mageba.net</a> ) .....	46
Figura 3.21: Dispositivos mecânicos para uniformizar deslocamentos (fonte: <a href="http://www.mageba.net">www.mageba.net</a> ) .....	46
Figura 3.22: Capacidade de movimento multidirecional .....	47
Figura 3.23: Pavimento especial para redução de ruído (Fonte: <a href="http://www.maurer-soehne.com">www.maurer-soehne.com</a> ).....	47

### **CAPÍTULO 4**

Figura 4.1: Volume de negócios e resultado operacional da MEEC-PE entre 2011 e 2013 .....	52
Figura 4.4: Aparelhos de apoio de elastómero simples e cintado ( <a href="http://www.agom.it">www.agom.it</a> ) .....	53
Figura 4.5: Aparelho de apoio com placas metálicas e do tipo panela ( <a href="http://www.agom.it">www.agom.it</a> ).....	53

Figura 4.6: Aparelho de apoio antissísmico e aparelho de apoio horizontal (www.agom.it) .....	54
Figura 4.7: Junta de dilatação para rodovia e junta de dilatação para ferrovia (www.agom.it) .....	54
Figura 4.10: Alvéolos de aparafusamento da junta de dilatação e marcação com a caracterização da junta (fonte: (AGOM, 2013b)) .....	56
Figura 4.11: Pormenor de um alvéolo de uma junta de dilatação AGOM (fonte: (AGOM, 2013b)) .....	57
Figura 4.12: Esquema de tapa juntas para passeios para ponte (EN315) .....	58
Figura 4.13: Aparelho de apoio de elastómero simples e de elastómero cintado (www.agom.it) .....	59
Figura 4.14: Aparelho de apoio de elastómero com placas metálicas (www.agom.it) .....	59
Figura 4. 15: Pormenor da placa de austenite e da placa de PTFE (www.agom.it) .....	60
Figura 4.16: Indicação da orientação do aparelho de apoio e placa metálica com informação das propriedades do aparelho (www.agom.it) .....	61
Figura 4.17: Marca vulcanizada no bloco de elastómero com as características deste. (www.agom.it) .....	61
Figura 4.18: Ponteiro e escala de deslocamentos (www.agom.it) .....	62
Figura 4.19: Aparelho de apoio Agom do tipo <i>Pot Bearing</i> fixo .....	63
Figura 4.20: Aparelho de apoio <i>Pot Bearing</i> fixo desmontado em estaleiro .....	63
Figura 4.21: Aparelho de apoio do tipo <i>pot bearing</i> multidirecional desmontado em estaleiro .....	64
Figura 4.22: Aparelho de apoio do tipo <i>pot bearing</i> multidirecional desmontado em estaleiro .....	64
Figura 4. 23: Placa com informação do aparelho de apoio .....	65
Figura 4.24: Aparelho de apoio do tipo <i>Pot Bearing</i> unidirecional desmontado em estaleiro .....	65
Figura 4.25: Junta de dilatação não aparente (www.dantextltd.com) .....	66

## CAPÍTULO 5

Figura 5.1: Projeto do Viaduto da Ribeira de Braçais - corte .....	70
Figura 5.2: Projeto do Viaduto do Vale do Inferno - corte .....	70
Figura 5.3: Projeto da PS2 Lote 3 - corte .....	71
Figura 5.4: Projeto do Nó de Soure - corte .....	72
Figura 5.5: Projeto do Viaduto sobre a Ribeira dos Braçais - planta .....	72
Figura 5.6: Projeto do Viaduto do Vale do Inferno - planta .....	73
Figura 5.7: Projeto do Viaduto do Vale do Inferno – corte transversal (adaptado) .....	73
Figura 5.8: Projeto PS2 Lote 3 – pormenor encontro .....	74
Figura 5.9: Projeto PS2 Lote 3 – pormenor da cabeça do pilar .....	75
Figura 5.10: Projeto PS2 Lote 3 – planta .....	75
Figura 5.11: Projeto do Nó de Soure - planta .....	76

Figura 5.12: Batente com <i>grout</i> .....	77
Figura 5.13: Base dos batentes com indícios de oxidação .....	77
Figura 5.14: Face do batente não está totalmente encostada ao betão e Parafusos de fixação encurvados .....	78
Figura 5.15: Aparelho de apoio sem cortina de neoprene .....	79
Figura 5.16: Aparelho de apoio com cortina de neoprene parcialmente rasgada .....	79
Figura 5.17: Aparelho de apoio com sujidade .....	79
Figura 5.18: Aparelho de apoio com lama e cascalho .....	79
Figura 5.19: Base do aparelho de apoio enterrada no <i>grout</i> do plinto .....	80
Figura 5.20: Chapas de travamento por retirar .....	80
Figura 5.21: Parafusos da chapa de travamento partidos .....	80
Figura 5.22: Ponteiro da escala de controlo de deslocamentos dobrada .....	81
Figura 5.23: Escala de leitura de deslocamentos coberta com goma .....	82
Figura 5.24: Escala de leitura de deslocamentos ilegível e danificada.....	82
Figura 5.25: Placa de aço inox com salpicos de <i>grout</i> .....	82
Figura 5.26: Aparelho de apoio com oxidação nas esquinas.....	83
Figura 5.27: Aparelho de apoio no eixo errado .....	84
Figura 5.28: Chapa de informação ilegível.....	84
Figura 5.29: Aparelho de apoio com água condensada.....	85
Figura 5.30: Acumulação de água no encontro .....	85
Figura 5.31: Telas instaladas no extremo do encontro .....	86
Figura 5.32: Ensaio da tela instalada .....	86
Figura 5.33: Borracha anti poeiras entre panela e base superior parcialmente retirada .....	86
Figura 5.34: Aparelho de apoio com goma .....	87
Figura 5.35: Rotura do aparelho de apoio.....	88
Figura 5.36: Neoprene deformado e anéis de contenção partidos .....	88
Figura 5.37: Prato superior deformado.....	88

## CAPÍTULO 6

Figura 6.1: Fissura longitudinal no betuminoso.....	91
Figura 6.2: Esquema de assentamento de aterro junto a encontro ( <i>Leonhardt, 1979</i> ) .....	91
Figura 6.3: Representação esquemática em corte do aterro e laje de transição.....	92
Figura 6.4: Afastamento do betuminoso da banda de transição.....	93
Figura 6.5: Banda de transição deteriorada com pavimento adjacente parcialmente reparado.....	94



Figura 6.6: Armação horizontal de reforço da banda de transição .....	95
Figura 6.7: Armadura de ligação entre a mesa e a banda de transição .....	95
Figura 6.8: Ausência do preenchimento dos negativos dos parafusos .....	96
Figura 6.9: Falta de elemento de fixação .....	97
Figura 6.10: Deformação da junta de dilatação .....	97
Figura 6.11: Destaque de material da junta de dilatação .....	98
Figura 6.12: Elementos metálicos da junta de dilatação oxidados .....	99
Figura 6.13: Desnível entre betuminosos e banda de transição devido a repavimentações .....	100
Figura 6.14: Pavimento colocado por cima de junta de dilatação .....	100
Figura 6.15: Junta de dilatação com lomba criada pelo excesso de pré-compressão .....	101

## CAPÍTULO 7

Figura 7.1: Gráfico com principais causas de anomalias em aparelhos de apoio.....	103
Figura 7.2: Gráfico com principais causas de anomalias em aparelhos de apoio.....	103
Figura 7.2: Vista inicial do <i>website</i> .....	104
Figura 7.3: Esquema genérico da constituição do projeto .....	106
Figura 7.4: Esquema genérico da estrutura da base de dados .....	107
Figura 7.5: Fluxograma do processo antes da implementação da aplicação.....	108
Figura 7.6: Imagem de um código QR .....	110
Figura 7.7: Organigrama genérico do funcionamento da <i>App Webmobile</i> .....	111
Figura 7.8: Fluxograma do processo de Instalação, inspeção e manutenção com apoio do <i>webmobile</i> .....	112
Figura 7.9: <i>Layout</i> do campo utilizadores da versão <i>website</i> .....	114
Figura 7.10: Esquema funcional da gestão de utilizadores .....	115
Figura 7.11: Esquema funcional da gestão de projetos.....	115
Figura 7.12: Esquema funcional da gestão de produtos .....	116
Figura 7.13: Esquema funcional da gestão de <i>checklists</i> .....	116
Figura 7.14 Esquema funcional do <i>webmobile</i> .....	117
Figura 7.15: <i>Layout</i> de validação, de menu geral e de menu de projetos .....	118
Figura 7.16: <i>Layout</i> de identificação de aparelhos, de menu de aparelhos e menu de consulta de aparelhos.....	118
Figura 7.17: <i>Layout</i> de <i>checklists</i> de instalação, de pré-funcionamento e de inspeção.....	119



## **ÍNDICE DE TABELAS**

### **CAPÍTULO 2**

Tabela 2.1: Resumo da Euro Norma EN 1337 (adaptada: (Marioni, A., 2006)) .....	9
--	---

### **CAPÍTULO 3**

Tabela 3.1: Tabela de movimentos de junta de betume modificado (fonte: <a href="http://www.ennisflint.co.uk">www.ennisflint.co.uk</a> ) .....	33
---	----

### **CAPÍTULO 4**

Tabela 4.1: Evolução dos investimentos realizados pela “Estradas de Portugal” entre 2009 e 2012 (adaptado de fonte:(Estradas de Portugal, 2012)) .....	49
Tabela 4.2: Características do elastómero e correspondentes teste e requisitos (adaptado de (AGOM, 2013b)) .....	56
Tabela 4.3: Modelos e respetivas características das juntas de dilatação AGFLEXJ (fonte: (AGOM, 2013b)) .....	57
Tabela 4.4: Características das placas de PTFE .....	60
Tabela 4.5: Testes de qualidade e respetivos intervalos de resultados aceitáveis do BJ200 .....	67

### **CAPÍTULO 7**

Tabela 7.1: Tabela relacional para a entidade projeto.....	107
Tabela 7.2: Tabela relacional da identidade aparelho de apoio .....	107

## **ACRÓNIMOS**

**AASHTO** - American Association of State Highway and Transportation Officials

**ASTM** - American Society for Testing and Materials

**CEN** - Comité Europeu de Normalização

**EM** - Estrada Municipal

**EN** - Euro Norma

**HV** - Hardness of Vickers

**IC** - Itinerário Complementar

**ISO** - International Organization for Standardization

**IRHP** - International Rubber Hardness Degrees

**MEEC** - Mota-Engil Engenharia e Construção SA

**MEEC-PE** - Mota-Engil Engenharia e Construção – Departamento de Pré-Esforço

**MERC** - Mota-Engil Registration and Control

**PDF** - Portable document format

**PI** - Passagem Inferior

**PS** - Passagem Superior

**PVC** - Polyvinyl chloride

**PTFE** - Politetrafluoretileno

**SETRA** - Serviço de Estudos Técnicos de Estradas e Autoestradas





# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 GENERALIDADES

Os aparelhos de apoio, assim como as juntas de dilatação, são dispositivos mecânicos relativamente recentes cuja necessidade de utilização surgiu no início do século XX com a evolução das estruturas de obras de arte.

As pontes mais antigas feitas de madeira ou pedra eram de dimensão reduzida, o que dispensava quaisquer equipamentos para responder aos deslocamentos que sofriam. No caso das pontes em pedra ou alvenaria, os próprios materiais acomodavam os movimentos rearranjando geometricamente a forma da estrutura; no caso das pontes em madeira, como habitualmente as estruturas eram treliçadas, o problema dos movimentos era contornado através da rotação dos seus elementos nos nós ou através da elevada capacidade de distorção.

Desde então, com a evolução do conhecimento e a consequente compreensão de fenómenos anteriormente ignorados ou desprezados, as preocupações com os movimentos nas estruturas e o seu controlo tornaram-se cada vez maiores. De uma forma genérica, os fatores que levaram à necessidade destes elementos que permitem controlar e acomodar cada vez maiores movimentos por parte das estruturas foram:

- O grande incremento na extensão dos vãos das estruturas e das cargas aplicadas;
- As evoluções registadas nos materiais aplicados, nomeadamente o aparecimento do betão e do aço enquanto materiais monolíticos;
- A evolução nas tecnologias de construção, especialmente a aplicação do pré-esforço e o efeito de fluência gerado;
- O incremento do tráfego e da sua velocidade;
- A problemática dos sismos.

Decorrente desta envolvente, os aparelhos de apoio e as juntas de dilatação, que numa primeira fase eram elementos raros e de baixa tecnologia, têm vindo a evoluir.

As juntas de dilatação, outrora raras, são agora correntes e apresentam soluções cada vez mais sofisticadas que permitem maiores amplitudes devido às habituais solicitações como temperatura, fenómenos de fluência e retração, acelerações e frenagens, mas também para suportar os movimentos provocados pela ação sísmica. Além disso, a indústria tem procurado desenvolver soluções com maior durabilidade através da utilização de materiais sintéticos que permitem maior impermeabilidade e conservação.

A tecnologia inerente aos aparelhos de apoio tem também evoluído no sentido de permitir uma maior facilidade na sua substituição e um maior controlo de deslocamentos, podendo acoplar dispositivos de içamento ou dispositivos de dissipação de energia sísmica.

Apesar de ambos os dispositivos terem como função permitir movimentos relativos entre duas partes da estrutura em condições de operacionalidade, segurança e durabilidade é de realçar que a sua importância no funcionamento da estrutura não é a mesma. Os aparelhos de apoio são considerados elementos estruturais que, além de permitirem deslocamentos, são transmissores de cargas entre o tabuleiro e o seu suporte. Consequentemente, o mau funcionamento do aparelho de apoio pode corresponder a condições de apoio e respostas da estrutura totalmente diferentes daquelas para as quais foi projetada, pondo em risco o seu correto funcionamento em serviço.

Por outro lado, as juntas de dilatação são elementos de desgaste que permitem a continuidade do pavimento de uma via sendo que o seu mau funcionamento poderá causar desconforto ao utente da via bem como degradação dos seus elementos sem, no entanto, pôr em risco o funcionamento da estrutura.

## **1.2 JUSTIFICAÇÃO DE INTERESSE**

Apesar de os aparelhos de apoio e as juntas de dilatação desempenharem um papel determinante, são considerados por muitos autores um ponto fraco das pontes (Leonhardt, F., 1971). A vida útil destes elementos, principalmente no caso das juntas de dilatação, é muito inferior à vida útil da estrutura o que obriga a várias intervenções de manutenção e de substituição destes elementos ao longo da sua vida. Uma outra agravante advém do facto de, muitas vezes por falta de manutenção ou incorreta instalação, estes elementos terem uma vida útil inferior à expectável.

De um estudo elaborado pelo Serviço de Estudos Técnicos de Estradas e Auto-Estradas (SETRA) concluiu-se que, no caso dos aparelhos de apoio, a colocação do seu sistema gasta na fase de construção 0,5% do custo total da obra de arte enquanto que, para a fase de conservação, considera um gasto entre 5 e 7% dos custos gerais de manutenção da obra de arte, respetivamente para pontes inseridas em estradas nacionais e na rede de autoestradas (Lima, J.M., 2006).

Relativamente às juntas de dilatação, o mesmo estudo estabelece que a colocação do sistema destas gasta na fase de construção 1 % do custo total da obra de arte enquanto que para a fase de conservação considera um gasto entre 7 e 8% dos custos gerais de manutenção da obra de arte. Estão também relatados casos em Portugal em que o valor de gastos em conservação de juntas de dilatação chegou a atingir 25% dos custos gerais de manutenção (Lima, J.M., 2006).

É neste contexto que se justifica um estudo cuidado das principais anomalias destes dispositivos e o desenvolvimento de uma metodologia que permita a recomendação de ações corretivas ou de ações preventivas de forma a contribuir para o aumento da durabilidade dos dispositivos e consequente diminuição dos custos de manutenção.

## **1.3 ÂMBITO E OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO**

A presente tese surge da oportunidade de desenvolver uma dissertação em ambiente empresarial na Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A. (MEEC), empresa de referência no ramo da construção. Neste contexto, e tendo o autor sido destacado para o departamento de Pré-esforço desta empresa, o trabalho desenvolvido foi focado nas necessidades apresentadas pelo departamento.



Apesar de o departamento ser designado “Pré-Esforço” pelo facto de esta ser a sua área de negócio inicial, desde 2011 foram introduzidas mais duas áreas de negócio:

- Fornecimento de aparelhos de apoio;
- Fornecimento e instalação de juntas de dilatação.

Desta forma, o presente trabalho surgiu de uma necessidade identificada no departamento de tentar melhorar a qualidade e a eficiência dos processos de instalação destes dois produtos, de forma a aumentar a sua durabilidade e diminuir a necessidade de intervenções de manutenção, principalmente em período de garantia. Foram acompanhados numerosos trabalhos, ao longo de aproximadamente 4 meses, tendo sido identificado um conjunto de casos de estudo que abrangia todas as anomalias encontradas: causas e consequências, recomendação sobre reparação e ação preventiva.

Por esse motivo, é importante realçar que este trabalho foi realizado num contexto visando responder às necessidades e objetivos da empresa em Portugal, motivo pelo qual em certos momentos da sua realização não foi possível desenvolver de forma mais profunda alguns dos temas tratados. Por exemplo, aquando da caracterização das anomalias encontradas durante visitas ou trabalhos em obras ou beneficiações da MEEC, não foi feito nenhum estudo mais alargado a uma concessionária, nem foram utilizados estudos anteriormente publicados em ambiente académico.

Perante o exposto, a presente dissertação com o tema *Durabilidade de Aparelhos de Apoio e Juntas de Dilatação em Obras de Arte Especiais* pretende desenvolver um estudo que permita, de forma inovadora, levar à otimização dos métodos utilizados na instalação e manutenção dos dispositivos supramencionados. Nesse mesmo estudo pretende-se identificar as causas mais comuns das anomalias nos dispositivos, assim como as ações preventivas necessárias por forma a evitar essas anomalias. A partir dessa informação tentar-se-á desenvolver um trabalho dividido em duas fases que se complementam:

- Uma primeira fase que consiste numa série de recomendações para novas obras, bem como para manutenções preventivas ou manutenções curativas em obras já realizadas.
- Uma segunda fase que consiste na elaboração de uma metodologia de gestão corrente que permita controlar a qualidade dos processos causadores das anomalias registadas no dia-a-dia do funcionamento em obra, mesmo que esta se localize fora do país.

Para as anomalias cujos procedimentos de instalação se consideraram adequados, mas para as quais se identificaram erros de execução, foram feitas recomendações a alertar para as problemáticas mais comuns que, com base nas causas identificadas, se pensa que contribuirão fortemente para evitar as anomalias descritas.

Relativamente a anomalias cuja adequabilidade dos procedimentos de instalação foi posta em causa, foi feita uma análise mais detalhada com uma sugestão específica de melhoria do processo.

Mais do que um trabalho académico, esta dissertação procura ser um ponto de partida e de reflexão para a implementação de metodologias inovadoras em empresas do setor, permitindo-lhes serem mais competitivas e eficientes.

#### **1.4 METODOLOGIA UTILIZADA**

A necessidade de desenvolver uma metodologia com o objetivo de contribuir para o aumento da durabilidade dos produtos anteriormente referidos, conduziu inicialmente a um estudo exaustivo dos tipos de aparelhos de apoio e juntas de dilatação existentes e das suas características.

Tendo obtido este conhecimento geral, foi estudado o mercado no qual se insere a MEEC, feito um estudo cuidadoso dos produtos instalados e comercializados por esta, por intermédio da empresa fornecedora Agom.

A constante visita a obras, a direção e mesmo participação em trabalhos de instalação e manutenção destes produtos permitiram conhecer bem os procedimentos, as dificuldades, e por vezes os erros da instalação e manutenção dos dispositivos estudados.

Uma vez feito este trabalho e elaborados os casos de estudo, com a caracterização de cada uma das obras de arte acompanhadas no processo, foi possível identificar as necessidades da MEEC como fornecedor e instalador de aparelhos de apoio e juntas de dilatação.

No sentido de melhorar a eficiência dos processos construtivos de aplicação e manutenção de juntas de dilatação e de aparelhos de apoio, propôs-se uma metodologia e um caderno de encargos (ver capítulo 7 e Anexo IV) destinado a melhorar o desempenho e reduzir os erros na aplicação inicial e na manutenção preventiva dos elementos construtivos.

De salientar que é normal ocorrerem falhas muito significativas na inspeção, limpeza e manutenção preventiva das obras em geral e destes sistemas construtivos em particular por parte dos clientes e respetivos fornecedores (empregueiros construtores ou responsáveis pela exploração das obras após receção periódica e/ou definitiva).

Neste contexto, a ferramenta desenhada destina-se também a ajudar esses parceiros de negócio da MEEC a melhorar a respetiva eficiência neste domínio.

## **1.5 ORGANIZAÇÃO DA TESE**

De forma a atingir os objetivos propostos, a presente tese foi dividida em vários capítulos, apresentando um encadeamento lógico que pretende permitir uma fácil interpretação das sucessivas fases do estudo desenvolvido. No sentido de facilitar a sua consulta ou leitura, apresenta-se uma descrição sumária do conteúdo de cada um dos capítulos.

O Capítulo 1 consiste numa introdução ao assunto dos aparelhos de apoio e juntas de dilatação e à dissertação que se inicia. Para além de algumas generalidades, faz-se uma perspetiva histórica sumária e apresenta-se alguma terminologia básica para a compreensão da matéria. Relativamente à dissertação, expõe-se a sua justificação, âmbito e metodologia utilizada. O capítulo termina com os objetivos globais da dissertação e da forma como esta está organizada.

O Capítulo 2 refere-se à tipologia de aparelhos de apoio. Após uma breve introdução às suas funções é apresentada a norma europeia que os regula. São depois caracterizados de forma sumária os vários tipos de aparelhos de apoio expondo as principais vantagens e desvantagens.

O Capítulo 3 refere-se à tipologia de juntas de dilatação. Após uma breve introdução às suas funções são apresentados alguns exemplos da classificação e regulamentação das juntas. São depois caracterizados de forma sumária os vários tipos de juntas de dilatação expondo as principais vantagens e desvantagens.

O Capítulo 4 aborda o assunto dos aparelhos de apoio e juntas de dilatação numa perspetiva da Mota-Engil. É feita uma breve caracterização do mercado português seguida de uma caracterização da área de negócio do pré-esforço, e das empresas parceiras. De seguida são caracterizados de forma exaustiva os produtos comercializados pela empresa.

O capítulo 5 debruça-se sobre os casos de estudo realizados relativamente a aparelhos de apoio. Em primeiro lugar é caracterizado o âmbito e objeto da elaboração destes casos, sendo depois apresentada uma breve descrição das obras estudadas e uma caracterização técnica dos aparelhos de apoio. Finalmente são expostas as anomalias encontradas.

O capítulo 6 diz respeito aos casos de estudo realizados sobre juntas de dilatação. Em primeiro lugar é caracterizado o âmbito e objeto da elaboração destes casos, sendo depois apresentada uma breve descrição das obras estudadas e uma caracterização técnica das juntas de dilatação. Finalmente, são expostas as anomalias encontradas.

No Capítulo 7 é feito um resumo das principais causas das anomalias encontradas, sendo de seguida exposto o objetivo da criação de uma metodologia. Em resposta a essa necessidade surge a criação de uma App Webmobile cujo planeamento, desenvolvimento e plano de implementação são abordados.

No Capítulo 8, são apresentadas as conclusões gerais da dissertação. São resumidas as principais características do estudo e propostos domínios de investigação a desenvolver no futuro.



# 2

## APARELHOS DE APOIO

### 2.1 INTRODUÇÃO

Os aparelhos de apoio em obras de arte são elementos de ligação que permitem a transição de forças entre a superestrutura da obra de arte e o seu suporte, permitindo libertar movimentos relativos entre as duas partes da estrutura em condições adequadas de operacionalidade, segurança e durabilidade. (Freire, L.M.R., 2008)

Os aparelhos de apoio permitem também controlar os movimentos de translação e de rotação do tabuleiro da obra de arte, garantindo que as deformações causadas por estas ações não originam grandes forças ou movimentos na subestrutura. Hoje em dia, os aparelhos de apoio estão também concebidos para ajustar as propriedades dinâmicas da obra de arte, atuando como protetores da estrutura em caso de ocorrência de um sismo, dissipando a sua energia. (Oladimeji, F.A., 2012)

Os movimentos nas obras de arte podem ter origem em vários tipos de ações: ações permanentes, variáveis ou acidentais.

Como ações permanentes consideram-se o peso próprio da obra de arte, os efeitos do pré-esforço e a ação da retração e da fluência, apesar de estas duas últimas ações não terem a mesma intensidade ao longo de toda a vida útil da estrutura.

As ações variáveis consideradas são as variações de temperatura, a ação provocada por cargas exercidas pelo tráfego, ações laterais na obra de arte como a ação do vento ou de sismos, os efeitos hidrodinâmicos assim como movimentos devido a cargas horizontais provocadas pelo movimento dos veículos tais como a aceleração, a travagem ou a derrapagem.

São consideradas ações acidentais as consequentes de movimentos devido a assentamentos diferenciais das infraestruturas ou à pressão exercida nos pilares pelo solo, e ainda as resultantes do impacto de forças como a colisão de veículos com a estrutura, veículos que colidem com outros veículos, ou ainda a colisão de veículos, barcos ou navios com os pilares (Freire, L.M.R., 2008, Oladimeji, F.A., 2012).

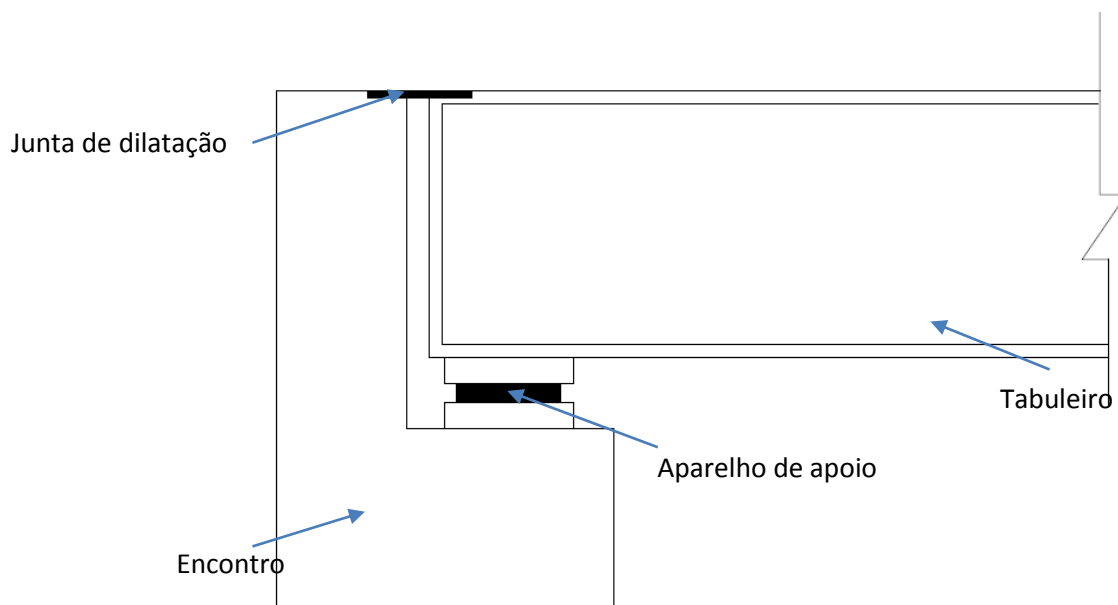


Figura 2.1: Esquema de um encontro com aparelho de apoio e junta de dilatação (corte vertical)

## 2.2 REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL – EN1337

A norma europeia que regula os aparelhos de apoio e todas as fases pelas quais estes passam, desde a conceção do projeto até à sua instalação e manutenção, é a Norma EN 1337. Esta norma foi desenvolvida pelo CEN (Comité Europeu para a Normalização) que é uma associação que junta os comités nacionais de normalização de 33 países europeus. A elaboração da EN 1337 iniciou-se em 1989 e contou com a colaboração de 60 especialistas da área.

A EN 1337, é uma Norma Europeia Harmonizada, o que quer dizer que o seu cumprimento se associa à marcação CE, que além de ser uma marcação de conformidade é também um certificado de qualidade. Para obter esta marcação, o fabricante tem de submeter o seu produto a teste por entidades independentes, como ministérios, universidades ou laboratórios, e o controlo de produção de fábrica tem de ser aprovado.

Este controlo de produção de fábrica inclui:

- A especificação e verificação das matérias-primas;
- O controlo e teste periódico durante a fabricação de acordo com o especificado na Norma 1337;
- O controlo e testes periódicos em produtos já prontos para comercialização.

A EN 1337 é constituída por 11 partes, tendo sido cada uma delas emitida como uma Euro Norma Individual. As partes 1, 2 e 9 ainda não se encontram harmonizadas, no entanto, o seu conteúdo advém de outras normas harmonizadas, e são por isso consideradas obrigatórias.

Tabela 2.1: Resumo da Euro Norma EN 1337 (adaptada: (Marioni, A., 2006))

Parte	Título	Harmo- nizada	Início da aplicação	Aplicação obrigatória
EN 1337 - 1	Regras Gerais de Projeto	Não	2000	-
EN 1337 - 2	Elementos de deslizamento	Não	2004	-
EN 1337 - 3	Aparelhos de apoio de elastômero	Sim	2006	2007
EN 1337 - 4	Aparelhos de apoio de rolo ou rolete	Sim	2005	2006
EN 1337 - 5	Aparelhos de apoio de panela	Sim	2006	2007
EN 1337 - 6	Aparelhos de apoio de pêndulo	Sim	2005	2006
EN 1337 - 7	Aparelhos de apoio cilíndricos ou esféricos contendo PTFE	Sim	2004	2005
EN 1337 - 8	Aparelhos de apoio lineares com guia ou bloqueio	Sim	2006	2008
EN 1337 - 9	Proteções	Não	1997	-
EN 1337 - 10	Inspeção e manutenção	Não	2001	-
EN 1337 - 11	Transporte, armazenamento e instalação	Não	1997	-

Os projetos dos aparelhos de apoio são desenvolvidos de acordo com o conceito de estado limite, com particular ênfase no Estado Limite Último. Assim, esta norma segue a mesma linha de orientação que os Euro Códigos, nos quais se utiliza também a abordagem semi probabilística.

A Norma define as características de resistência a que deve obedecer o aparelho de apoio e a partir daí é elaborado um projeto com recurso a coeficientes de segurança que são definidos de maneiras diferentes pelos diferentes estados membros.

Para informações mais detalhadas sobre os passos a tomar desde o dimensionamento até à manutenção dos diferentes tipos de aparelhos de apoio, recomenda-se a leitura da respetiva Parte da Norma EN 1337.

Os pontos seguintes neste capítulo baseiam-se sobretudo na EN 1337 e nas referências bibliográficas (Oladimeji, F.A., 2012), (Freire, L.M.R., 2008), (Rossow, M., 2006), (European Committee for Standardization, 2005), (VSL).

## 2.3 APARELHOS DE APOIO METÁLICOS

Os aparelhos de apoio metálicos são o tipo mais antigo de aparelhos de apoio. O aço tornou-se durante muitos anos num material de excelência para o fabrico de aparelhos de apoio devido à sua abundância e facilidade de obter e trabalhar, mas também devido às suas qualidades como matéria-prima, nomeadamente a elevada resistência, a ductilidade, a possibilidade de estabelecimento de ligações fortes através de soldadura, colagem ou vulcanização, a sua capacidade de fundição e a facilidade de efetuar ligas com outros materiais. Hoje em dia, associada a uma alta tecnologia, o aço permite satisfazer as exigências para que são solicitados os aparelhos de apoio das pontes rodoviárias (Freire, L.M.R., 2008).

Os tipos de aparelhos de apoio de aço mais comuns e que estão regulamentados na Norma EN 1337 são:

- Aparelhos de apoio de rolete;
- Aparelhos de apoio de pêndulo;
- Aparelhos de apoio esféricos ou cilíndricos;
- Aparelhos de apoio lineares fixos, unidirecionais ou multidirecionais.

### 2.3.1 APARELHOS DE APOIO DE ROLO OU ROLETE

Os aparelhos de apoio de rolo ou de roletes são formados por um ou vários cilindros que rolam entre duas superfícies de rolamento sendo que a superfície inferior tem necessariamente de ser plana. Este tipo de aparelhos de apoio permite apenas pequenas rotações e as suas características estão reguladas no Capítulo 4 da Norma EN 1337 (Freire, L.M.R., 2008).

#### A.1) APARELHOS DE APOIO DE ROLETE SIMPLES

Os roletes dos aparelhos de apoio de rolete simples têm dimensões que variam entre os 150 mm e os 380 mm de diâmetro, sendo que, os cilindros maiores são menos suscetíveis de sofrer corrosão, mas por outro lado, têm mais facilidade em acumular sujidades nas áreas de contacto dos cilindros com a superfície plana o que dificulta a lubrificação destes aparelhos e ajuda a acelerar a sua deterioração.

Usualmente este tipo de aparelhos de apoio apresentam um sistema de guia que restringe a possibilidade de deslocamento a uma direção. Além disso estão dotados de pinos que evitam que o rolo se desloque progressivamente para debaixo da ponte, conforme ilustra a figura 2.2 (Rossow, M., 2006).



Figura 2.2: Aparelho de apoio de rolete simples com guia  
(fonte:(Oladimeji, F.A., 2012))



#### A.2) APARELHOS DE APOIO DE ROLETES MÚLTIPLOS

Os aparelhos de apoio de roletes múltiplos (ver figura 2.3) começaram a ser utilizados no início do século XX e consistem num conjunto de rolos ou roletes, com diâmetros entre os 38 mm e os 55 mm. Este tipo de aparelhos de apoio são muito suscetíveis de acumular poeiras entre os roletes dificultando a lubrificação destes, levando a um aumento da velocidade de corrosão podendo levar os aparelhos de apoio à rotura. Para evitar que isto suceda, os aparelhos de apoio devem ter uma manutenção cuidada e devem ser instaladas cortinas de proteção, por exemplo de neoprene (Rossow, M., 2006).



Figura 2.3: Aparelho de apoio de roletes múltiplos (fonte:(Oladimeji, F.A., 2012))

#### A.3) APARELHOS DE APOIO DE ROLETES COM DENTES DE GUIAMENTO

Este tipo de aparelhos de apoio são similares aos anteriormente expostos, estando dotados de roletes dentados que trabalham em cima de engrenagens, permitindo limitar os deslocamentos da obra de arte.



Figura 2.4: Aparelho de apoio de roletes com dentes de guiamento (fonte: [www.maurer-soehne.com](http://www.maurer-soehne.com))

#### 2.3.2 APARELHOS DE APOIO DO TIPO PÊNDULO

Os aparelhos de apoio do tipo pêndulo ou balancete, utilizam o movimento pendular para permitir os deslocamentos. Podem suportar grandes cargas e ser utilizados em encontros em que aparelhos do tipo panela, esféricos ou outros tipos de aparelhos de grande capacidade não possam ser utilizados devido ao espaço limitado (Oladimeji, F.A., 2012).

Para permitir deslocamentos horizontais podem ser acoplados a este tipo de aparelhos elementos que permitam o seu deslocamento horizontal. Estes sistemas de guia são regulados pelo capítulo 2 da Norma EN 1337 e poderão ser unidirecionais ou multidirecionais.

Os aparelhos de apoio do tipo pêndulo são regulamentados pelo capítulo 6 da Norma EN 1337 e podem ser de dois tipos: aparelhos de apoio de pêndulo com contacto linear e aparelhos de apoio de pêndulo com contacto pontual.

#### B.1.) APARELHOS DE APOIO DE PÊNDULO COM CONTACTO LINEAR

Consistem em aparelhos formados por pêndulos que podem ter diâmetros até aos 510 mm e são muito pesados e difíceis de manusear. Por este motivo, muitas vezes o pêndulo é cortado formando uma superfície parcialmente cilíndrica que rola sobre uma placa plana, permitindo a rotação em torno de um eixo paralelo ao eixo da superfície curva. (Freire, L.M.R., 2008, Rossow, M., 2006)



Figura 2.5: Aparelhos de apoio de pêndulo com contacto linear (fonte: (Oladimeji, F.A., 2012))

#### B.2.) APARELHOS DE APOIO DE PÊNDULO COM CONTACTO PONTUAL

Os Aparelhos de apoio de pêndulo com contacto pontual consistem em aparelhos formados por uma superfície esférica que rola sobre uma superfície esférica ou plana, e podem trabalhar invertidos. Estas superfícies esféricas quando apresentadas com um grande raio permitem apenas rotações.

O facto de as superfícies onde rola o pêndulo serem esféricas torna o fabrico do aparelho de apoio muito mais caro, levando a que, hoje em dia quase não sejam fabricados. Estes aparelhos de apoio foram substituídos por aparelhos de neoprene cintado que são mais baratos e podem centrar melhor as cargas.

Estes aparelhos de apoio possibilitam a realização de pilares ou apoios biarticulados, permitem rotações mais elevadas que as dos apoios com contacto linear e suportam forças na vertical, e na horizontal segundo as direcções longitudinal e transversal. Por outro lado, não admitem deslocamentos segundo os eixos longitudinal e transversal e apenas deslocamentos reduzidos segundo a direcção vertical.

### 2.3.3 APARELHOS DE APOIO DESLIZANTES

Os aparelhos de apoio deslizantes são os mais simples e são essencialmente utilizados, quando não combinados com outro tipo de aparelhos de apoio, em vãos menores que 12m. Estes aparelhos de apoio são constituídos por duas placas de superfície plana que deslizam uma sobre a outra permitindo deslocamentos de translação, mas não de rotação e são chumbadas ou soldadas à superestrutura e subestrutura. O que varia neste tipo de aparelhos de apoio é o método de lubrificação que tem vindo a evoluir ao longo dos anos.

As placas deslizantes podem ser utilizadas isoladamente ou combinadas com aparelhos de apoio esféricos, de panela, de neoprene cintado, etc.

#### C.1.) PLACAS DE AÇO LUBRIFICADAS

As primeiras placas de aço lubrificadas consistiam em duas placas de aço com as superfícies polidas e a lubrificação entre elas era feita com recurso a gordura, grafite ou sebo. No entanto as poeiras aderiam a este lubrificantes e eventualmente feriam as placas que começavam a ser corroídas, levando ao bloqueio do aparelho de apoio.

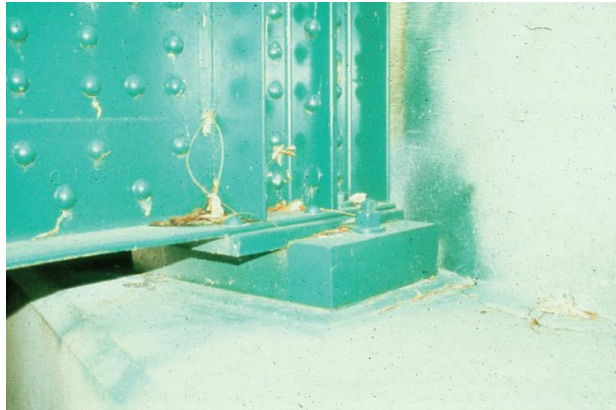


Figura 2.6: Aparelho de apoio deslizante com placas de aço lubrificadas

#### C.2.) PLACAS DE CHUMBO ENTRE PLACAS DE AÇO

Mais tarde, foi inserida uma folha de chumbo entre as placas de aço evitando que a placa superior ficasse solidária com a placa inferior devido à corrosão. No entanto, a folha de chumbo tinha tendência a deslizar para fora do aparelho, o que diminuía muito a eficiência da solução.

#### C.3.) PLACAS DE BRONZE

O bronze foi aplicado com o mesmo intuito que o chumbo tendo a agravante que, por ser um metal mole, se deformava e ficava gasto ao fim de algum tempo, diminuindo assim a capacidade de deslocamento dos aparelhos de apoio.



Figura 2.7: Aparelho de apoio deslizante com placas de bronze

#### C.4.) APARELHOS DE APOIO AUTO-LUBRIFICANTES

Mais tarde, começaram a ser utilizados materiais auto-lubrificantes como placas de grafite cravadas numa das placas de aço ou folhas de alcatrão.

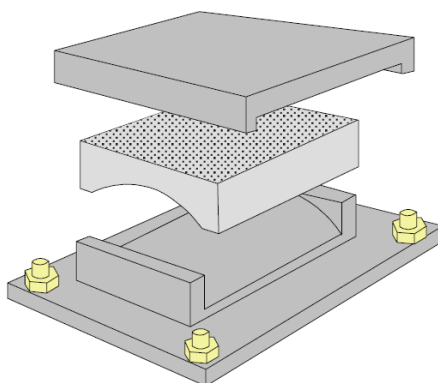


Figura 2.8: Aparelhos de apoio deslizante auto-lubrificante

#### C.5.) PTFE SOBRE AÇO INOXIDÁVEL

A tecnologia mais recente para permitir um deslizamento eficaz e duradouro entre placas é o PTFE, composto quimicamente conhecido por Politetrafluoretileno e comercialmente conhecido por Teflon. Tem o menor coeficiente de fricção de todos os materiais comumente disponíveis. A folha de Teflon desliza sobre uma folha de aço inoxidável, soldada a uma das placas da obra de arte ou do aparelho de apoio.



Figura 2.9: Aparelho de apoio deslizante com PTFE sobre aço inoxidável (fonte: [www.structuralbearingpads.vossengineering.com](http://www.structuralbearingpads.vossengineering.com))

#### 2.3.4 ARTICULAÇÕES METÁLICAS

As articulações metálicas, apesar do seu desuso e de não estarem reguladas na Norma EN1337, são consideradas aparelhos de apoio metálicos. Estes permitem movimentos rotacionais impossibilitando ao mesmo tempo movimentos longitudinais. No fundo, estes aparelhos consistem numa chapa que roda em torno de um eixo formando uma articulação metálica simples.

Em situações específicas estes aparelhos são anexados a aparelhos de apoio de roletes para possibilitar deslocamentos longitudinais (Freire, L.M.R., 2008).



Figura 2.10: Articulação metálica (fonte: [www.tatasteelconstruction.com](http://www.tatasteelconstruction.com))

#### 2.3.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE APARELHOS DE APOIO METÁLICOS

As principais vantagens e desvantagens dos aparelhos de apoio metálicos podem ser sumariamente resumidos da seguinte forma:

a) Vantagens:

- São soluções económicas que não necessitam de grande tecnologia para serem executadas;
- São fáceis de instalar;
- São instaláveis em locais de difícil acesso ou com pouco espaço para aplicação.

b) Desvantagens:

- Falhas nas conceções e componentes de ancoragem (rebites, parafusos, porcas) que impedem os deslocamentos e o corte;
- Alguns elementos requerem lubrificação e sofrem desgaste se não forem corretamente lubrificados;
- Desgaste do aço;
- Sofrem inclinação quando submetidos a grandes cargas;
- Como todos os elementos são feitos de aço existe um grande problema de durabilidade, ferrugem e corrosão que leva a restrições no movimento;
- Fendilhação das superfícies de aço (Oladimeji, F.A., 2012).

## 2.4 APARELHOS DE APOIO DE APARELHOS DE ELASTÓMERO

### 2.4.1 APARELHOS DE APOIO DE ELASTÓMERO SIMPLES

Estes aparelhos de apoio, consistem em blocos de um conjunto de materiais polímeros relativamente recentes, designados por elastómeros (ver figura 2.11). O elastómero é um material à base de borracha, como a borracha sintética, comercialmente conhecida por neoprene, ou como a borracha natural. A grande vantagem deste material é o seu módulo de elasticidade transversal, designada por  $G$ , ser pequeno desde o início da deformação por tensão tangencial, admitindo assim grandes deformações.

A deformabilidade por tensão tangencial permite deslocamentos horizontais que dependem da altura do aparelho de apoio; quanto maior a altura do aparelho, maior será o deslocamento admissível. Também são permitidos movimentos de rotação, se bem que este tipo de movimentos gera alguma resistência à compressão normal na direção vertical por via da resistência do neoprene. O ângulo de rotação de um aparelho de apoio é função da largura e da altura do aparelho, mas são sempre ângulos de pequena amplitude (Freire, L.M.R., 2008).



Figura 2.11: Aparelho de apoio de elastómero

A figura 2.12 evidencia esquematicamente os três tipos de deslocamentos e consequente deformação dos aparelhos de apoio elastoméricos.

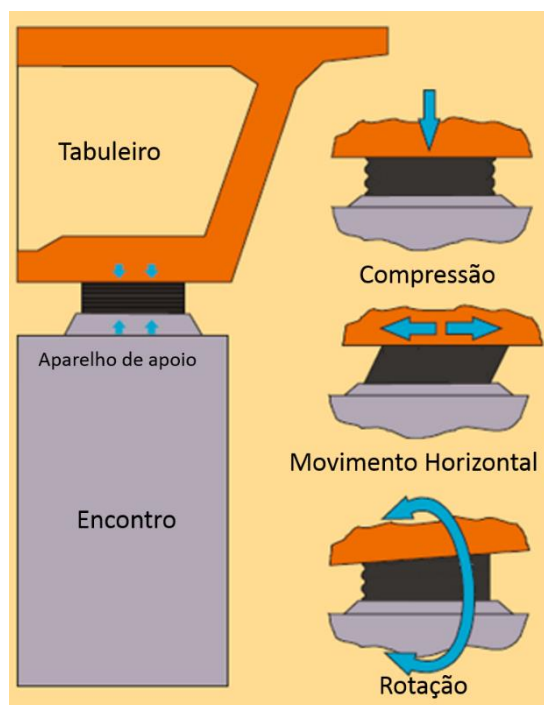


Figura 2.12: Reação de um aparelho de apoio de elastômero às várias solicitações (adaptado:(VSL))



#### 2.4.2 APARELHOS DE APOIO DE ELASTÓMERO OU NEOPRENE CINTADO

Devido à deformação por cisalhamento ou por deformação transversal, o bloco de neoprene simples comprime-se consideravelmente, o que não é admissível na maior parte das pontes. Para evitar este fenómeno são vulcanizadas placas de aço ao bloco de neoprene, ficando este com espessura entre os 5 e os 8 mm e as placas de aço entre os 2 e os 4 mm, conforme a resistência do aço utilizado pelo fabricante. As chapas de aço praticamente não alteram as propriedades de mobilidade horizontal e de capacidade de rotação, rigidificando o aparelho de apoio na direção vertical, tornando-o quase incompressível.

Os aparelhos de apoio de neoprene cintado podem ser de três tipos: simples, fixos ou bloqueados e com superfícies de guiamento.

O primeiro tipo, consiste num bloco de neoprene cintado que poderá estar vulcanizado a pratos de aço que garantem a ligação aos plintos, como ilustra a figura 2.13.

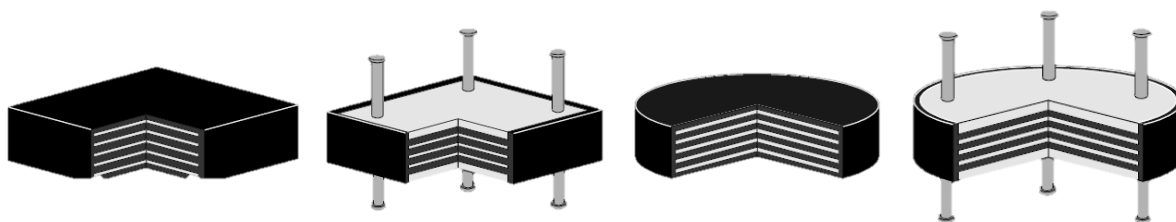


Figura 2.13: Aparelhos de apoio de neoprene cintado com prato de aço vulcanizado (fonte:(VSL))

Os aparelhos de apoio de neoprene cintado simples poderão sofrer deslocamentos consideráveis segundo os eixos longitudinal e transversal, rotações ou deformações em torno dos três eixos, forças horizontais segundo as direções longitudinal e transversal e esforço normal.

O segundo tipo, consiste em aparelhos de neoprene cintado fixos através de chapas de ancoragem, superiores e inferiores, com sobrelargura transversal e um batente que, ao engrenar na chapa superior, impede os movimentos de translação. Estes aparelhos não permitem deslocamentos transversais ou longitudinais, pelo que permitem rotação nos três eixos e transmitem o esforço normal.

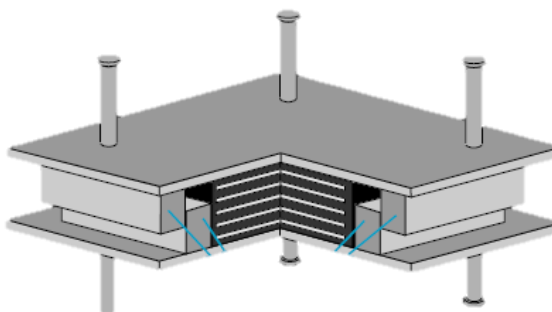


Figura 2.14: Aparelho de apoio de neoprene cintado fixo (fonte:(VSL))

O terceiro caso dá-se quando há necessidade de mobilidade na direção longitudinal, sendo bloqueados os movimentos na direção transversal mas com capacidade de rotação. Para tal, utiliza-se uma abertura alongada na chapa superior, que permite deslocamento guiado (ver figura 2.15). Para facilitar este

deslocamento é aplicado PTFE em contacto com uma chapa de aço inoxidável soldada ao prato superior do aparelho (Oladimeji, F.A., 2012).

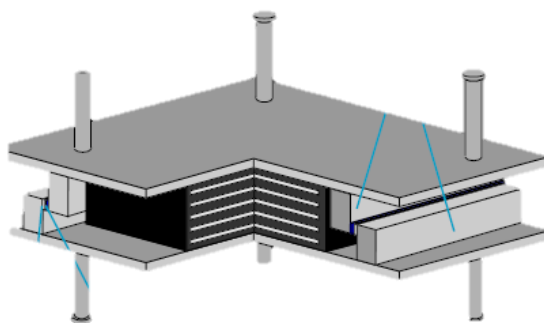


Figura 2.15: Aparelho de apoio com deslocamento guiado (fonte:(VSL))

A montagem dos aparelhos de apoio de neoprene deve ser sempre efetuada com os plintos na posição horizontal, tal como indica a figura 2.16.

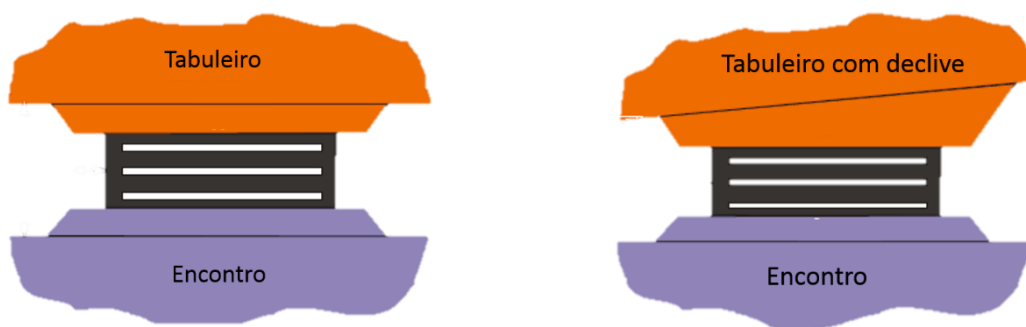
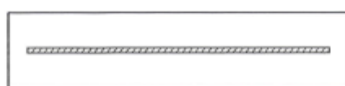


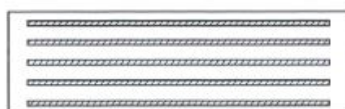
Figura 2.16: Plinto superior e inferior de um aparelho de apoio de elastômero cintado (fonte: (VSL))

#### 2.4.3 CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A EN 1337

Abaixo, na figura 2.17, apresentam-se os diversos tipos de aparelhos de apoio de elastômero presentes na EN1337.



Tipo A: Aparelhos de apoio cintados totalmente cobertos de elastômero com apenas uma lâmina de aço;



Tipo B: Aparelhos de apoio cintados totalmente cobertos de elastômero, com pelo menos duas lâminas de aço;



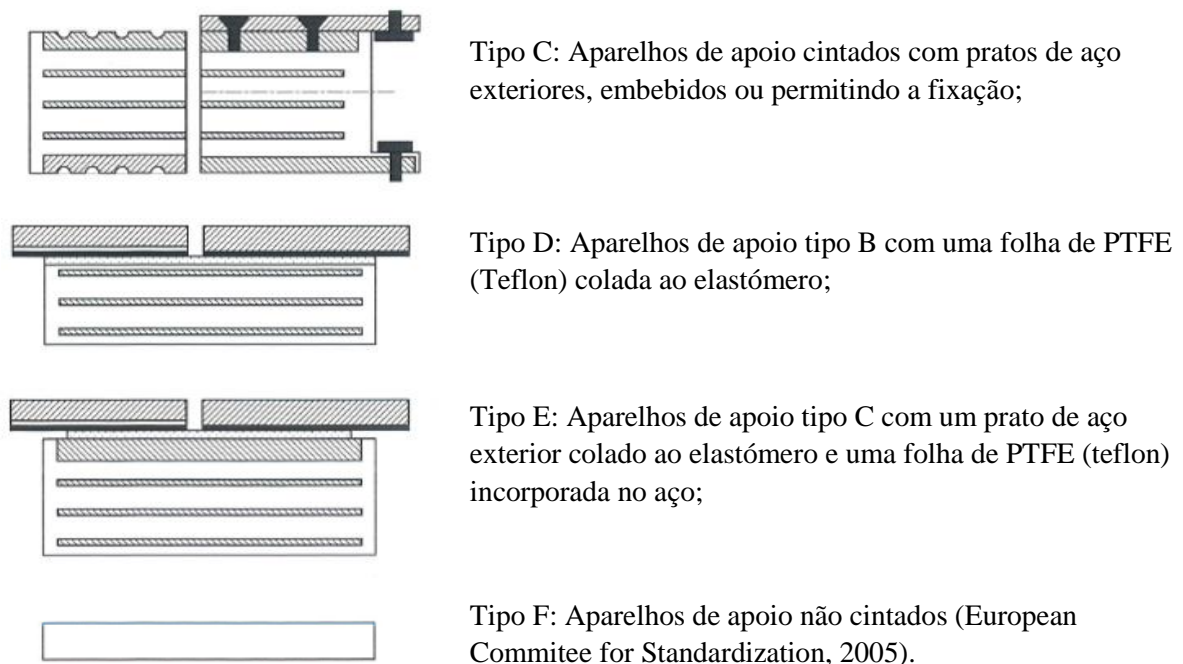


Figura 2.17: Tipos de aparelhos de elastômero segundo a EN 1337 (fonte:(European Committee for Standardization, 2005))

#### 2.4.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS APARELHOS DE APOIO DE ELASTÔMERO

Os aparelhos de apoio de elastômero têm como vantagens:

- A proteção contra a corrosão das chapas de aço de reforço que se encontram envolvidas por elastômero;
- Grande durabilidade sem grandes necessidades de manutenção;
- Adequados para pequenas rotações;
- Boa performance quando submetidos a atividade sísmica;
- Baixo custo.

Os aparelhos de apoio de elastômero têm como desvantagens:

- Suscetíveis de erros no dimensionamento que conduzem a área de elastômero laminado insuficiente, ou a número de placas de aço insuficientes;
- Problemas devido a erros na instalação como ancoragem insuficiente, ligação entre o aparelho de apoio e a estrutura;
- Deficiências na vulcanização, falta de qualidade dos materiais metálicos ou do elastômero, levando a deslizamento, fissuração ou segregação do elastômero;
- Saliências do elastômero devidos a compressão e rotação;
- Entram em rotura durante atividade sísmica, mas é fácil de substituir;
- Congelação do elastômero quando submetido a baixas temperaturas;
- Problemas de fadiga dos materiais por constante exposição às mudanças de temperatura (Oladimeji, F.A., 2012).

## 2.5 APARELHOS DE APOIO DE PANELA

### 2.5.1 APARELHOS DE APOIO DE PANELA

Os aparelhos de apoio do tipo panela, internacionalmente conhecidos por “*Pot Bearing*” foram inventados nos anos 60 e, conjuntamente com os aparelhos de apoio de elastômero, são atualmente o tipo de aparelhos mais utilizados (Freire, L.M.R., 2008).

Estes aparelhos dividem-se numa série de componentes, ilustrados na figura 2.18, que quando combinados, permitem suportar elevadas cargas assim como deslocamentos e rotações:

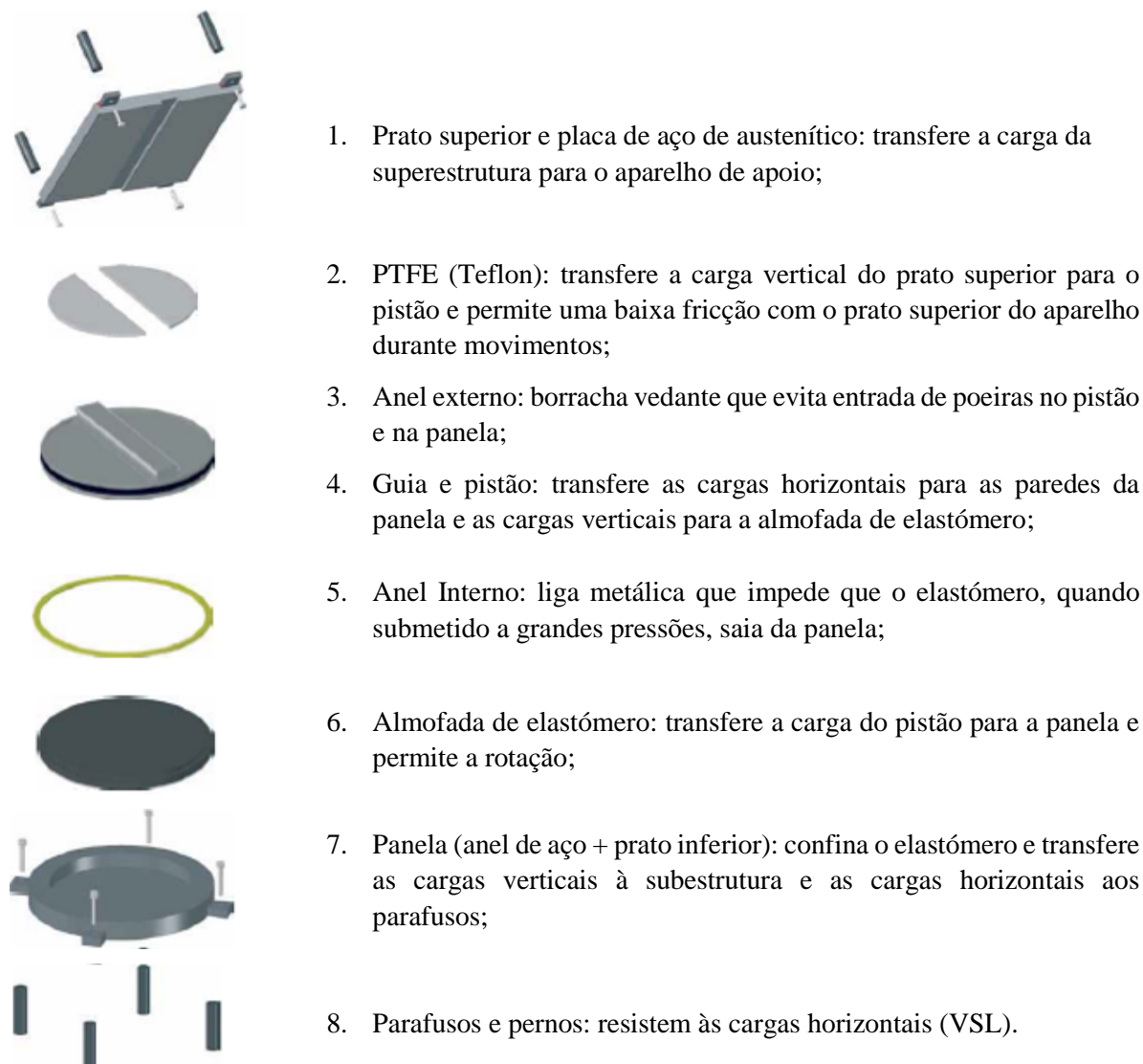


Figura 2.18: Componentes de um aparelho de apoio do tipo panela (fonte: (VSL))

O elastômero utilizado nestes aparelhos de apoio costuma ser a borracha natural, salvo algumas exceções em que se opta pelo neoprene por recomendação técnica. Habitualmente, a almofada de elastômero tem uma dureza de Shore A de 50° e um módulo de elasticidade transversal G de 80 MPa e, quando submetido a elevada pressão pelo pistão, assemelha-se a um fluido viscoso dentro de uma prensa hidráulica.

O pistão deve ser estanque para que não haja fugas de elastômero e para que o aparelho possa executar bem a sua função. Para isto, o aparelho está também dotado de um anel interno, habitualmente de cobre, que não permite que o elastômero escape por eventuais espaços criados entre o pistão e a panela aquando de uma rotação.

A resistência à rotação destes aparelhos de apoio é muito pequena devido ao baixo módulo de resistência transversal. Isto permite ao aparelho de apoio girar mais facilmente, no caso de pressão uniforme permanente e, por isso, centrar melhor as cargas que outro tipo de aparelhos de apoio.

Estes aparelhos de apoio são muito versáteis podendo ser aplicados em obras de arte com os mais variados vãos e podem ser dimensionados até cargas verticais muito elevadas. No caso da Agom (ver Capítulo 4), os seus aparelhos de apoio “*Pot Bearing*” suportam cargas até aos 100.000 KN. A pressão sobre o aparelho de apoio é limitada pela pressão admissível pelas mesas de betão e não é aconselhável que ultrapasse os 30 MPa.

Os aparelhos de apoio de panela podem ser fixos ou deslizantes tais como os de neopreno cintado:



No caso dos fixos, o pistão está soldado à placa superior fazendo com que não haja margem de deslocamento, apenas as rotações são permitidas. A resistência à rotação é tanto menor quanto maior for a relação entre a espessura e a largura do elastômero. A espessura da camada de elastômero é calculada em função do ângulo de rotação exigido.

Há dois tipos de aparelhos de apoio de panela deslizantes: os unidirecionais e os multidirecionais.



Os unidirecionais são conduzidos por uma calha no prato superior do aparelho e este deslizamento é possibilitado pela placa de PTFE e pela placa de aço austenítico do prato superior. O PTFE, quando submetido a pressões acima dos 30 MPa e a velocidades de deslizamento baixas e quando em contacto com superfícies lisas e duras apresenta um coeficiente de atrito entre os 1 e 3%. O PTFE é lubrificado com graxa à base de silicone e tem um desgaste muito reduzido, assegurando uma vida útil entre os 50 e os 60 anos.



Os aparelhos de apoio multidirecionais são iguais aos unidirecionais à exceção de não terem uma calha para guiar a orientação do deslocamento. Estes aparelhos normalmente possuem um prato superior retangular com uma placa de aço austenítico e que permite os deslocamentos calculados tanto longitudinal como transversalmente (Freire, L.M.R., 2008, VSL).

2.5.2' Figura 2.19: Aparelhos de apoio do tipo panela fixo, unidirecional, multidirecional (fonte:(VSL))

Os aparelhos de apoio de panela têm como vantagens:

- Suportar grandes cargas verticais não necessitando para isso de um grande espaço;
- São seguros e fáceis de manusear;
- O design é simples o que permite a produção em cadeia;
- Gera menos força em elasticidade comparado com outros tipos de aparelhos;
- Distribui as cargas de forma uniforme pela estrutura devido à pressão hidrostática gerada nos aparelhos;
- É uma boa solução técnica quando se pretende uma grande capacidade de deslocamento e de suporte de cargas.

Os aparelhos de apoio de panela têm como desvantagens:

- Capacidade de rotação diminuta;
- Baixa tolerância no fabrico, implicando controlo de qualidade elevado e tecnologia avançada;
- Custo comparativamente alto uma vez que envolvem alta tecnologia.

### 2.5.3 APARELHOS DE APOIO DE PANELA DESLIZANTES OU ELETRÓNICOS

Os aparelhos de apoio do tipo panela podem também ter outras funcionalidades que não as habituais. Há aparelhos de apoio de panela utilizados para fazer deslizar tabuleiros de obras de arte recorrendo ao método construtivo por deslocamentos sucessivos, e há também aparelhos de apoio dotados de sistemas eletrónicos que permitem monitorizar cargas verticais (VSL).



Figura 2.20: Aparelhos de apoio para deslocamentos sucessivos e para monitorizar cargas verticais(fonte:www.aqom.it)

### 2.6 APARELHOS DE APOIO CILÍNDRICOS OU ESFÉRICOS COM PTFE

Os aparelhos de apoio cilíndricos ou esféricos foram concebidos para suportar grandes cargas verticais, horizontais e laterais, e também rotações. São formados por uma superfície cilíndrica ou esférica convexa que rola em cima de uma superfície côncava. Ambas as superfícies devem estar lubrificadas, habitualmente com PTFE, para assegurar a facilidade de deslizamento e a distribuição uniforme das cargas. As camadas onde ocorre o deslocamento são de cromo duro ou de aço austenítico.



Figura 2.21: Aparelhos de apoio esféricos: constituição e montagem (fonte: [www.mageba.com](http://www.mageba.com))

Tal como os aparelhos de apoio de panela podem ser fixos, unidirecionais ou multidirecionais, sendo o seu travamento feito ou por guias no prato superior do aparelho ou por uma calha.

#### 2.6.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE APARELHOS DE APOIO CILÍNDRICOS OU ESFÉRICOS COM PTFE

Os aparelhos de apoio cilíndricos ou esféricos têm como vantagens:

- São fáceis de instalar e de substituir;
- Não necessitam de muita manutenção;
- Permitem grandes rotações quando comparados com os aparelhos de apoio de panela, o que os torna ideais para obras de arte sujeitas a forças de torção, como acontece em tabuleiros em curva;
- Não tem os problemas dos aparelhos de apoio de elastômero ou de panela com os componentes de elastômero, uma vez que não utiliza neoprene ou borracha;
- Não perdem as suas capacidades quando submetidas a baixas temperaturas até aos - 50°;
- Aplicáveis em estruturas que suportam grandes cargas verticais, grandes deslocamentos por ação do tráfego e que necessitam de movimentos rápidos dos aparelhos de apoio, como por exemplo as pontes para linhas de alta velocidade.

Os aparelhos de apoio de panela têm como desvantagens:

- São caros devido à alta tecnologia envolvida na sua construção;
- Desgaste do PTFE;
- Corrosão da placa de aço austenítico.

## 2.7 APARELHOS DE APOIO SÍSMICOS

Em zonas geográficas com grande atividade sísmica devem ser adotadas soluções técnicas que permitam que as forças induzidas pelo sismo na estrutura sejam absorvidas. Atualmente são utilizados aparelhos de apoio antissísmicos e aparelhos de apoio antissísmicos com aparelhos oleodinâmicos acoplados.

### 2.7.1 APARELHOS DE APOIO ANTISSÍSMICOS

Os aparelhos de apoio isoladores de sismos são aparelhos de apoio de elastômero cintado com um cilindro de chumbo no centro do aparelho de apoio (ver figura 2.22) que permite a dissipação de energia por amortecimento. Estes aparelhos de apoio foram concebidos principalmente para estruturas que, quando submetidas a grande atividade sísmica, têm de se manter em condições de pleno funcionamento, como por exemplo os hospitais, as centrais elétricas, as salas de controlo ou obras de arte de acessos primários.



Figura 2.22: Aparelhos de apoio de neoprene cintado antissísmicos (fonte: [www.agom.it](http://www.agom.it))

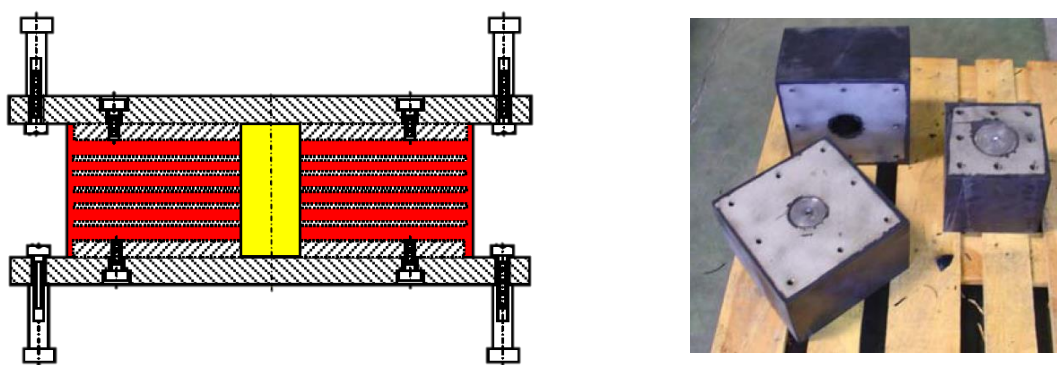


Figura 2.23: Aparelhos de apoio de neoprene cintado antissísmicos com núcleo de chumbo (fonte: [www.agom.it](http://www.agom.it))

O modo de funcionamento destes aparelhos de apoio consiste em reduzir a energia sísmica transferida às estruturas, através da permissão de movimentos relativos da estrutura relativamente ao solo, permitindo assim o aumento do período da onda sísmica de 0,3 a 1 segundos para 2 a 3 segundos, reduzindo a aceleração do movimento sísmico induzido no edifício como evidencia a figura 2.24:



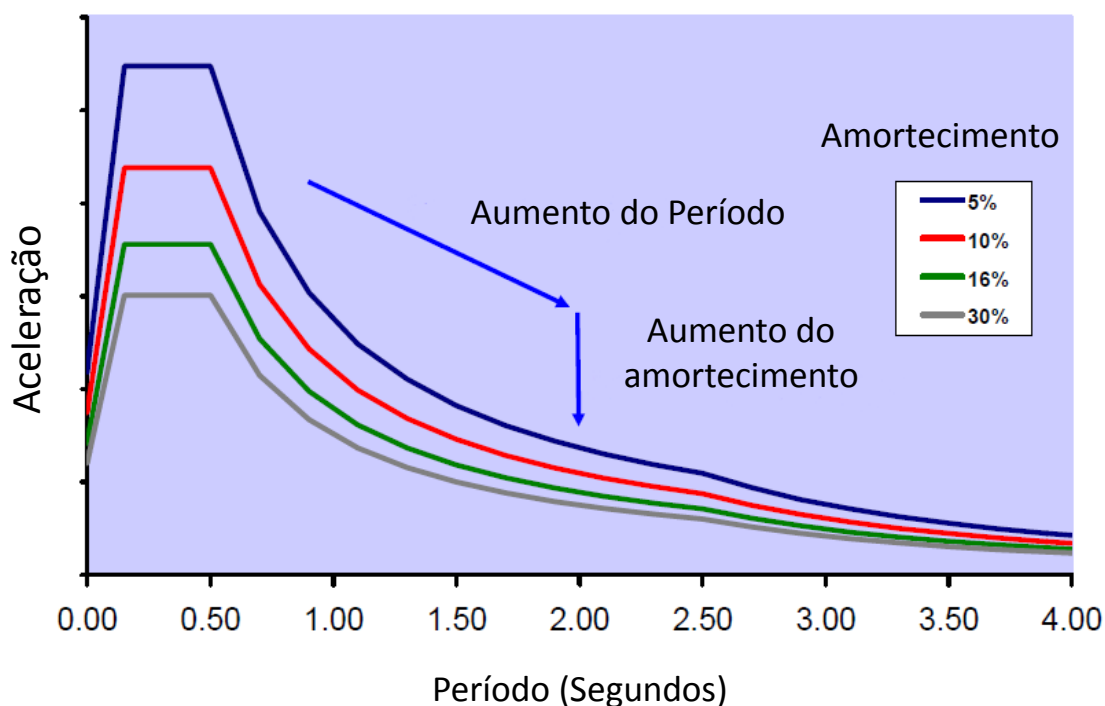


Figura 2.24: Relação da aceleração do movimento sísmico com o período da onda sísmica (adaptado de fonte: [www.agom.it](http://www.agom.it))

### 2.7.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS APARELHOS DE APOIO ISOLADORES SÍSMICOS

Os aparelhos de apoio isoladores sísmicos têm como vantagens:

- Boa capacidade de dissipação de energia devido à diminuição da aceleração por aumento do período da onda sísmica;
- Reduzem o deslocamento horizontal da estrutura;
- Boa capacidade elástica para voltar à posição inicial.

Os aparelhos de apoio isoladores sísmicos têm como desvantagens:

- Envelhecimento e consequente degradação da borracha;
- Congelamento e enrijecimento da borracha quando submetida a baixas temperaturas, provocando o mau funcionamento do aparelho;
- Grandes deslocamentos laterais podem levar à degradação do aparelho de apoio e consequentemente da infraestrutura à qual estão acoplados.

### 2.7.3 APARELHOS DE APOIO ANTISSÍSMICOS COM APARELHOS OLEODINÂMICOS ACOPLADOS

Aos aparelhos de apoio antissísmicos podem ser acoplados (figura 2.25), ou então exteriormente combinados, dois tipos de aparelhos oleodinâmicos: os transmissores de choque e os amortecedores hidráulicos.



Figura 2.25: Aparelho de apoio antissísmicos com aparelhos oleodinâmicos acoplados ( fonte: [www.agom.it](http://www.agom.it))

Estes aparelhos são constituídos por um cilindro, dividido por um pistão com um pequeno orifício que permite a passagem do óleo de uma câmara para a outra, como evidencia a figura 2.26.

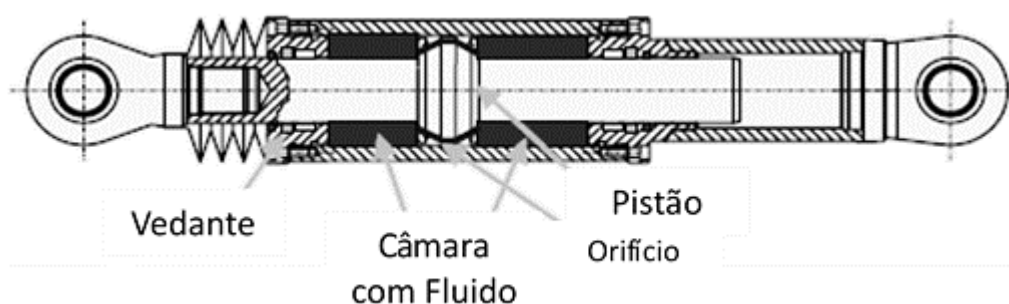


Figura 2.26: Aparelho oleodinâmico (adaptado de [www.mageba.com](http://www.mageba.com))

Os aparelhos oleodinâmicos transmissores de choque, são dispositivos hidráulicos que ligam estruturas que têm capacidade de movimento, umas em relação às outras. Dependendo da velocidade do movimento, o transmissor de choque reage com uma força correspondente. Em casos de movimentos lentos provocados, por exemplo, pela retração ou fluência, o óleo tem capacidade para passar de uma câmara para a outra, não induzindo uma força significativa.

Por outro lado, se for induzida na estrutura uma aceleração súbita, por exemplo devido a um sismo ou à travagem de um veículo, o óleo não terá capacidade para passar de uma câmara para a outra, levando o aparelho oleodinâmico a funcionar como um elemento rígido.

Os aparelhos oleodinâmicos amortecedores hidráulicos, são semelhantes aos transmissores de choque mas têm uma câmara exterior para receber o óleo que se encontra dentro da câmara (figura 2.27). Assim, quando a obra de arte é submetida a movimentos lentos, o óleo hidráulico passa de uma câmara para a outra. Por outro lado, quando a obra de arte é submetida a movimentos rápidos, os movimentos relativos entre as duas partes da estrutura são transmitidos por uma força constante. Isto acontece devido a um mecanismo que abre uma válvula no interior da câmara principal, deixando o óleo passar para a câmara exterior, garantindo assim que a força é independente da energia transmitida à obra de arte.





Figura 2.27: Aparelho oleodinâmico amortecedor hidráulico (fonte: [www.agom.it](http://www.agom.it))

Os aparelhos oleodinâmicos podem ser instalados separadamente dos aparelhos de apoio, tal como ilustra a figura 2.28.



Figura 2.28: Aparelhos oleodinâmicos montados num encontro (fonte: [www.agom.it](http://www.agom.it))

#### 2.7.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS APARELHOS OLEODINÂMICOS

Os Aparelhos oleodinâmicos têm como vantagens:

- Controlo dos movimentos estruturais durante cargas dinâmicas como sismos ou travagens de veículos e possibilidade de otimizar a distribuição de forças dinâmicas na estrutura;
- Grande espectro de aplicação com possibilidade de adaptar as características dos aparelhos aos requisitos de força e deslocamento;
- Fáceis de instalar e de substituir;
- Funcionam num grande espectro de temperaturas.

Os Aparelhos oleodinâmicos têm como desvantagens:

- Aparelhos de grande custo;
- Necessidades de manutenção do sistema hidráulico.



## 3

## JUNTAS DE DILATAÇÃO

## 3.1 INTRODUÇÃO

As juntas de dilatação em obras de arte são elementos deformáveis, localizados entre dois elementos estruturais, por exemplo, entre o tabuleiro e o encontro, ou entre dois tabuleiros, e que têm como principal função garantir movimentos relativos entre as duas partes da estrutura em condições de segurança, comodidade e durabilidade (Lima, J.M., 2006).

Os movimentos relativos suportados pelas juntas de dilatação dependem: da extensão da obra de arte, do arranjo dos apoios, da localização, da geometria e podem ser de várias origens.

Os movimentos do tabuleiro no seu plano pode ter origem: nos fenómenos de retração ou fluência, na variação de temperatura; na ação de arranque e frenagem; na força centrífuga; na ação do vento ou de um sismo.

Os movimentos na direção normal ao tabuleiro podem ter origem: na flexão do tabuleiro provocada por sobrecargas; no gradiente térmico vertical; na inclinação de um tabuleiro; no assentamento de fundações, no levantamento do tabuleiro para manutenção dos aparelhos de apoio; na ação do vento e dos sismos.

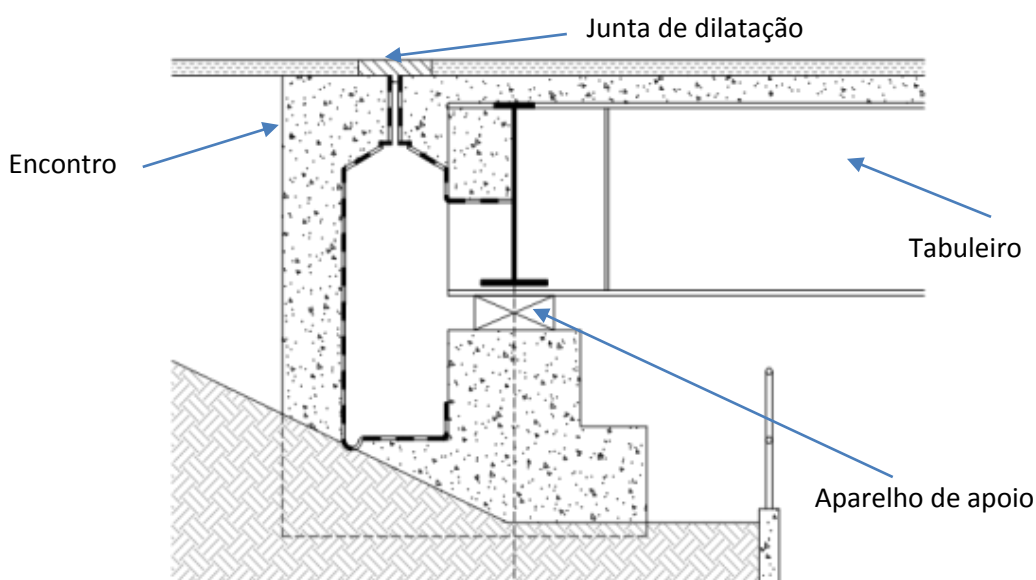


Figura 3.1: Esquema de um encontro com aparelho de apoio e junta de dilatação (corte vertical) (adaptado de [www.steelconstruction.info](http://www.steelconstruction.info))

Apesar de em alguns países haver alguma regulamentação, ou de haver algum guia prático recomendado para a fabricação e instalação de juntas de dilatação, o Comité Europeu de Normalização e os fabricantes

destes elementos estruturais ainda não entraram em acordo com vista à produção de uma norma europeia harmonizada sobre o tema.

Como actualmente em Portugal não há nenhum fabricante de juntas de dilatação, as juntas comercializadas no país seguem as regras dos países nos quais são produzidas.

No Reino Unido, para o fabrico e instalação de juntas de dilatação é seguido o Volume 2, Secção 3, Partes 6 e 7 do “*Design Manual for Roads and Bridges – Expansion joints for use in highway bridge decks*”. Este código (manual de boas práticas) estabelece requisitos gerais, critérios de projeto e cargas a considerar e ainda uma classificação do tipo de juntas de dilatação que define os valores máximos para os movimentos longitudinais e verticais em estado limite de serviço (The Highways Agency, 1994).

Em França é seguido o SETRA, Serviço de Estudos Técnicos de Estradas e Auto-Estradas, que emite informações técnicas sobre cada junta, a pedido externo, que funciona como homologação informando sobre o campo de aplicação e condições de utilização. Tem também uma classificação das juntas de dilatação que se orienta pelo tipo de obra de arte (SETRA, 1987).

Em Espanha, a Asociación Técnica de Carreteras publicou um documento chamado “*Juntas para puentes de carreteras – consideraciones prácticas*” que estabelece requisitos de instalação, durabilidade, as patologias, a manutenção e a homologação, além de apresentar uma classificação de juntas de dilatação, apresentada por tipos (Asociación Técnica de Carreteras, 2003).

Nos restantes países europeus é prática comum considerar que os requisitos de estado limite de serviço e condições de fabricação, instalação e manutenção das juntas de dilatação são similares às descritas na Norma EN 1337, destinada a aparelhos de apoio elastoméricos.

Nos Estados Unidos da América e em outros países como o México é seguido o “*Bridge Design Manual*” editado pelo Departamento de Transporte do Estado de Washington. Neste documento é estabelecida também uma classificação de juntas de dilatação baseada na amplitude dos movimentos horizontais (Washington State Department of Transportation, 2005).

Os pontos seguintes neste capítulo baseiam-se sobretudo nas referências bibliográficas (Lima, J.M., 2006), (Asociación Técnica de Carreteras, 2003), (Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DA TIPOLOGIA ADOTADA

Após consulta a bibliografia anteriormente referenciada, e tendo verificado que os diferentes autores e normas dividem de forma diferente os tipos de juntas de dilatação, optou-se por adotar para a presente tese a tipologia seguida por (Lima, 2006 [1]) e por (Dornsife, 2000 [9]) que apresentam as juntas por ordem crescente de amplitude de deslocamento.

#### 3.3.1 JUNTAS ABERTAS

As juntas abertas são caracterizadas por não ter o *gap* entre o encontro e o tabuleiro totalmente por preencher. Tal como evidencia a figura 3.2, este tipo de junta é constituído apenas por um reforço metálico do tipo cantoneira ancorado ao betão e reforçado com uma armadura suplementar.

Em certos casos, a junta pode ser preenchida com um material compressível, como por exemplo cortiça ou poliestireno expandido. Esta solução foi utilizada durante muito tempo, quando as soluções pré-fabricadas ainda não existiam (Lima, J.M., 2006).

Este tipo de juntas pode ser instalado em juntas fixas com deslocamentos muito pequenos e em qualquer tipo de vias, nomeadamente autoestradas com tráfego intenso. A norma britânica BD 33/94 estabelece como dimensão máxima de abertura para este tipo de junta 65 mm (Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).

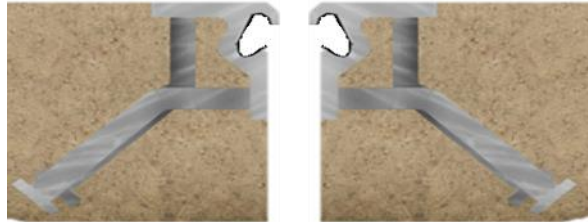


Figura 3.2: Junta de dilatação aberta (adaptado de [www.wbacorp.com](http://www.wbacorp.com))

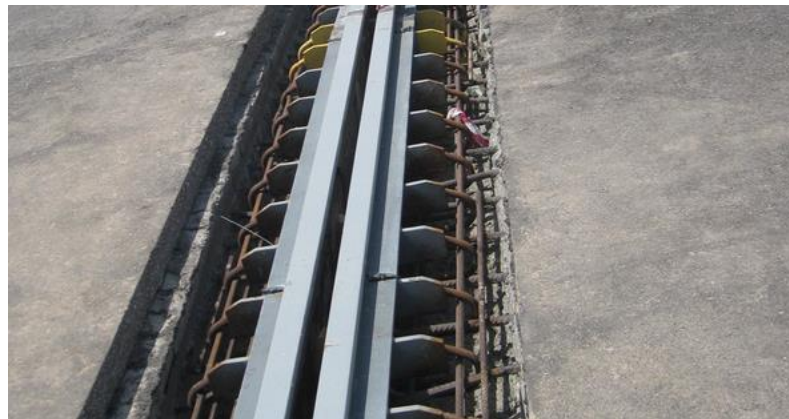


Figura 3.3: Junta de dilatação aberta a ser montada

### **Vantagens e desvantagens das juntas abertas**

As juntas abertas têm como vantagem:

- Baixa necessidade de manutenção devido à simplicidade da sua constituição.

As juntas abertas têm como desvantagem:

- A total permeabilidade obriga à montagem de sistemas de drenagem complementar;
- Desconfortável para os utentes da via em casos de grandes aberturas entre cantoneiras;
- Perigo acrescido para os motociclos devido ao ressalto proporcionado pela descontinuidade da junta.

### 3.3.2 JUNTAS OCULTAS SOB PAVIMENTO CONTÍNUO

As juntas ocultas sob pavimento suportam movimentos até aos 20-30 mm e são das soluções mais antigas no mercado (Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).

Estas juntas são constituídas por um elemento de suporte no qual assenta um betuminoso que preenche a junta até ao nível do pavimento. Este elemento de suporte pode ser constituído por uma chapa metálica para pequenos movimentos, até 10 mm, ou por uma chapa de elastómero flexível, para movimentos de maiores dimensões. O *gap* é depois tapado por um betuminoso até ao nível do pavimento, como se pode observar na figura 3.4.

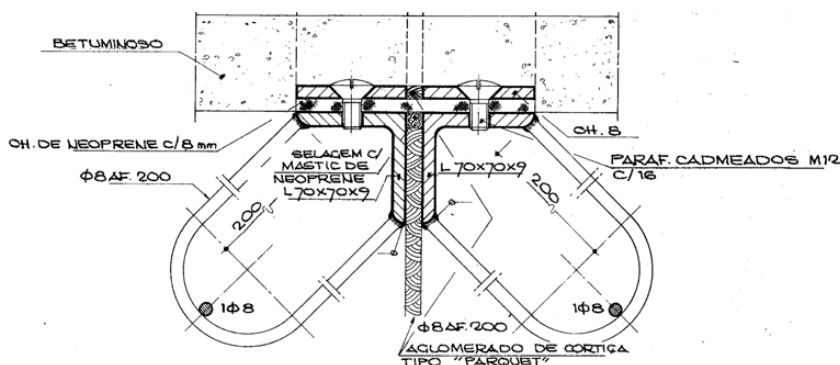


Figura 3.4: Pormenorização de projeto de uma junta oculta sob pavimento (fonte: (Rito, A., 1983))

Este tipo de junta, principalmente utilizado nas juntas fixas ou com deslocamentos muito pequenos, já não é utilizado tendo sido substituído pelas juntas de betume modificado.

#### Vantagens e desvantagens das juntas ocultas sob o pavimento contínuo

As juntas ocultas sob o pavimento contínuo têm como vantagens:

- No caso de se encontrarem em boas condições, são as que melhor conforto apresentam ao utente, em termos de ruído e vibração;
- Na eventualidade de ser efetuada uma recarga no pavimento não necessitam de qualquer manutenção.

As juntas ocultas sob o pavimento contínuo têm como desvantagens:

- Ter uma tendência para degradação precoce, rapidamente agravada em caso de tráfego intenso e, apesar de suportarem deslocamentos até 30 mm, não deverão ultrapassar os 15 mm;
- Devido à permeabilidade característica dos pavimentos betuminosos, é necessário colocar uma tela impermeabilizante para proteção dos aparelhos de apoio e da subestrutura (Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a, Malla, R.B., Ph.D., 2003).

### 3.3.3 JUNTAS DE BETUME MODIFICADO

As juntas de betume modificado (ver figura 3.5), começaram a ser utilizadas nos anos 70 do século passado, e são utilizadas para deslocamentos máximos até 50 mm no caso das juntas maiores (750mm) e de 10 mm no caso das mais pequenas (300mm).

No que toca a deslocamentos verticais estas juntas permitem deslocamentos até 1/10 da amplitude horizontal.

As juntas de betume modificado são constituídas por dois elementos, um agregado de pequena dimensão e um material betuminoso, misturados na proporção de cerca de 1/3.

O agregado, de dimensões entre os 14 e 18 mm de diâmetro, tem como principal função endurecer e dar corpo ao produto de betume, além de reduzir o custo final. A capacidade de movimento horizontal destas juntas aumenta com a largura e a altura da caixa na qual é produzida, tal como se pode verificar consultando a tabela 3.1 (Lima, J.M., 2006, Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).

Tabela 3.1: Tabela de movimentos de junta de betume modificado (fonte: [www.ennisflint.co.uk](http://www.ennisflint.co.uk))

Largura da junta (mm)	Altura da junta (mm)	Máximo movimento horizontal (mm)
750	> 100	± 25
	75-100	± 25
	50-75	± 12
500	> 100	± 25
	75-100	± 25
	50-75	± 12
300	> 100	± 5
	50-100	± 5

O produto betuminoso, normalmente constituído por uma mistura de neoprene com outros tipos de borrachas sintéticas e cloradas confere flexibilidade, elasticidade e ductilidade à junta assim como coesão, adesão e impermeabilidade.

Com a ajuda de uma máquina de corte é aberta uma caixa, centrada no *gap*, sendo este último preenchido com um material esponjoso que permitirá que não haja fugas de betuminoso para a carlinga. O betuminoso é aquecido a elevadas temperaturas para pintar a superfície da caixa e para posteriormente misturar com o agregado numa betoneira normal. A mistura é depois vertida na caixa em cima de uma placa metálica que irá permitir a distribuição das tensões e deformações na mistura betuminosa e impedir que a junta não se deforme.

Finalmente, o enchimento é compactado e é colocada uma camada superficial só de betuminoso para proteção conta a ação dos agentes climáticos. Ocasionalmente, é estendida areia siliciosa de diâmetro de 3mm que confere à superfície lisa uma textura granitada.

Este tipo de juntas funciona bem num intervalo de temperaturas entre os -25 e os +45° C e em termos de viés, pode ser aplicado até um ângulo de 45°, caso em que a largura da junta não deverá ultrapassar os 550 mm (Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).



Figura 3.5: Junta de betume modificado

### **Vantagens e desvantagens das juntas de betume modificado**

As juntas de betume modificado têm como vantagens:

- Não apresentar limitações relativamente à capacidade de carga vertical, podendo ser aplicadas em autoestradas com tráfego pesado;
- São um tipo de juntas com custos de instalação relativamente baixos, e têm uma vida útil aproximada de 5 anos; Por este motivo, são muito aplicadas em substituição de juntas com capacidade de deslocamentos semelhantes e nos quais o efeito dos fenómenos como fluência e tração já produziram a maior parte do seu efeito;
- Em caso de necessidade de reparações, estas são facilitadas pelo facto de se repor material betuminoso nas zonas onde este se encontra deficiente;
- São juntas impermeáveis quando se encontram em boas condições;
- São silenciosas e proporcionam bom conforto aos utentes da via.

As juntas de betume modificado têm como desvantagens:

- Os materiais quando submetidos a temperaturas baixas perdem as suas características de ductilidade e ganham rigidez, aumentando assim a tendência para fissurar;
- Em ambientes muito quentes há uma tendência para criar deformações excessivas; Estas questões tentam ser contornadas pelos fabricantes através do recurso a betumes com características químicas que consigam responder a estas situações;
- Destinam-se só a estruturas de pequena dimensão, devido à sua limitada capacidade de movimento ( $\pm 25$  mm) (Lima, J.M., 2006, Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).



### 3.3.4 JUNTAS SELADAS COM MATERIAL ELÁSTICO

As juntas de dilatação seladas com material elástico, apesar de no passado terem sido muito aplicadas, hoje em dia não são praticamente utilizadas (ver figura 3.6)

São juntas constituídas por uma combinação de um material de preenchimento, habitualmente uma espuma de poliuretano que funciona como cofragem para o segundo componente e, um cordão vedante auto-nivelante aplicado a frio que liga os bordos da junta e permite pequenos deslocamentos.

A aplicação deste tipo de junta é habitualmente feita contra a superfície asfáltica previamente preparada, diretamente contra o betão ou ainda contra uma superfície metálica do tipo cantoneira. A largura deste tipo de juntas vai desde os 25mm até aos 75 mm e tem capacidades de deslocamentos até + 100% e - 50% do tamanho da junta. Não devem ter deslocamentos verticais superiores a  $\pm 1$  mm (Lima, J.M., 2006).

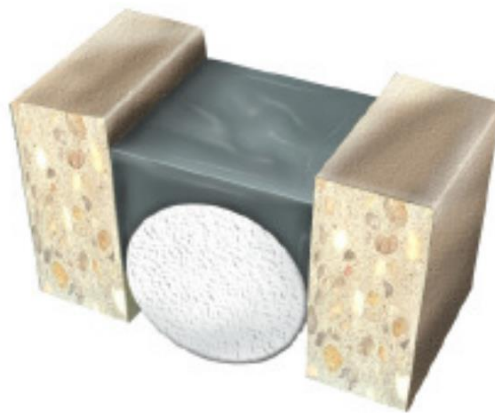


Figura 3.6: Corte esquemático de uma junta selada com material elástico (fonte: [www.wbacorp.com](http://www.wbacorp.com))



Figura 3.7: Aplicação de silicone (fonte: (Lima, J.M., 2006))

### **Vantagens e desvantagens das juntas seladas com material elástico**

As juntas seladas com material elástico têm como vantagens:

- O material vedante aplicado ser de cura rápida e de grande impermeabilidade;
- São juntas de baixo custo de instalação;
- Manutenção e substituição simples devido às características do produto vedante;
- São juntas silenciosas e com boa continuidade, quando bem executadas.

As juntas seladas com material elástico têm como desvantagens:

- Estar limitadas pela sua capacidade de deslocamentos e por isso a sua aplicação é apenas feita em pontes de pequena dimensão e de tráfego ligeiro ou passagem pedonal;
- Têm uma vida útil curta de aproximadamente 5 anos;
- Forte suscetibilidade a condições térmicas extremas (Lima, J.M., 2006, Malla, R.B., Ph.D., 2003).

#### **3.3.5 JUNTAS EM PERFIL DE ELASTÓMERO COMPRIMIDO**

As juntas de elastómero comprimido surgiram no final da década de 60, e são constituídas por um perfil alveolar de borracha natural ou de neoprene que é inserido à pressão entre os bordos da junta (ver figura 3.8). A caixa onde estes perfis encaixam, tem saliências no seu fundo para permitir que, ao instalar a junta, o perfil fique nivelado e para que a borracha não caia na carlinga.

Estas juntas têm de estar sempre comprimidas e devem ser instaladas de forma a que o perfil nunca suba acima do nível do bordo. A figura 3.8 demonstra esquematicamente o procedimento habitual de instalação deste tipo de juntas (Dornsife, R.J., 2000, Lima, J.M., 2006, Malla, R.B., Ph.D., 2003).

Habitualmente a caixa na qual é inserido o perfil de compressão tem os bordos feitos em argamassa

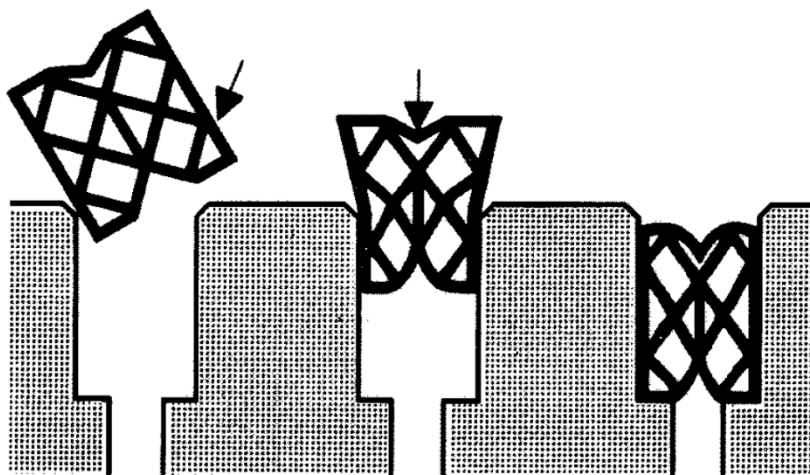


Figura 3.8: Esquema de instalação de um perfil de compressão alveolar (fonte: (Lima, J.M., 2006))

epóxi ou de alta resistência e não retrátil que pode ou não ser ligado ao betão por armaduras de ligação. Em alguns casos mais excepcionais podem ser utilizados perfis metálicos tal como se pode observar na figura 3.9.



Figura 3.9: Junta em perfil de elastômero comprimido com perfis metálicos (fonte: [www.dsbrown.com](http://www.dsbrown.com))

As juntas de elastômero comprimido têm uma amplitude de deslocamentos horizontais reduzida, dos 15 aos 50 mm. Em termos de deslocamentos verticais, estes são permitidos até aos  $\pm 3\text{mm}$  e, em termos de viés, este tipo de junta admite um ângulo máximo de  $30^\circ$ .

A “*Asociación Técnica de Carreteras*” prevê um comprimento de influência de 60 m no caso de pontes de betão armado pré-esforçado, 100 m em caso de estruturas mistas e até 125 m no caso de pontes metálicas (Asociación Técnica de Carreteras, 2003).

### **Vantagens e desvantagens das juntas em perfil de elastômero comprimido**

As juntas em perfil de elastômero comprimido têm como vantagens:

- Terem um vasto campo de aplicação, desde as pequenas obras de arte, a edifícios, túneis e estações de tratamento de águas e esgotos;
- Permitem qualquer tipo de tráfego: ligeiro, intenso e de veículos pesados;
- Têm um baixo custo de instalação e manutenção;
- Quando instaladas entre bandas de argamassa, tem uma emissão de ruído baixa.

As juntas em perfil de elastômero comprimido têm como desvantagens:

- Quando instaladas entre perfis metálicos ancorados, tem uma maior emissão de ruído;
- Baixa durabilidade, o que implica inspeções periódicas;
- Não é totalmente impermeável, pelo que deve ser montado um sistema de drenagem.

### **3.3.6 BANDAS FLEXÍVEIS DE ELASTÓMERO**

As bandas flexíveis de elastômero podem ser divididas em dois tipos: as bandas de elastômero fixas a bordos metálicos de aço ou alumínio e as bandas de elastômero em blocos de elastômero armado.

No primeiro caso, há duas possibilidades de montagem: para os casos de instalação de uma nova junta é habitual que os perfis metálicos tenham acopladas as ancoragens que ficam instaladas sob o pavimento e são ancoradas ao betão, sendo a aplicação do betuminoso feita numa fase posterior (ver figura 3.10)



Figura 3.10: Junta com perfil metálico com ancoragem (Fonte: [www.mageba.net](http://www.mageba.net))

Um segundo caso é destinado a substituições. Nestas os perfis e respectivos conectores são instalados numa banda de transição ao nível do pavimento.



Figura 3.11: Junta de dilatação com banda de elastómero (fonte: [www.wbacorp.com](http://www.wbacorp.com))

No caso de a junta ser um elemento rígido de elastómero armado, as bandas flexíveis constituem uma só peça com esses blocos, como evidencia a figura 3.11. Nestes casos a continuidade com o pavimento é garantida através de bandas de transição em argamassa apropriada.

Relativamente às amplitudes de deslocamentos das juntas de bandas flexíveis de elastómero, esta permite deslocamentos horizontais até  $\pm 50$  mm e amplitudes de deslocamentos verticais até  $\pm 10$  mm. Em termos de viés, o ângulo máximo recomendável para este tipo de juntas varia entre os  $30^\circ$  no caso de bordos de elastómero e  $45^\circ$  no caso de bordos metálicos (Lima, J.M., 2006, Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).

A *Asociación Técnica de Carreteras* prevê um comprimento de influência no caso de juntas com perfis metálicos de 60 m no caso de pontes de betão armado pré-esforçado, 100m em caso de estruturas mistas e até 125 m no caso de pontes metálicas. Para juntas com bordos de elastómero são considerados valores um pouco maiores: 90 m, 140 m e 175 m respetivamente (Asociación Técnica de Carreteras, 2003).

### Vantagens e desvantagens das bandas flexíveis de elastómero

As bandas flexíveis de elastómero têm como vantagens:

- Ser aplicáveis em pontes com tráfego intenso e pesado no caso das de perfil metálico;
- Os custos de instalação das juntas de bandas flexíveis de elastómero são moderados.

As bandas flexíveis de elastómero têm como desvantagens:



- Os custos de manutenção deste tipo de juntas são maiores nas bandas com bordos de elastômero e com bandas de transição;
- Relativamente à impermeabilidade nas juntas de bandas flexíveis com bordos de elastômero, esta não é assegurada pelo que é necessária a montagem de um sistema de drenagem de águas;
- São juntas com níveis de ruído médio.

### 3.3.7 PLACAS METÁLICAS DESLIZANTES

São juntas de dilatação constituídas por duas placas metálicas que deslizam uma sobre a outra, e que estão ancoradas à estrutura, uma ao encontro e outra ao tabuleiro, como ilustra a figura 3.12. A placa superior está nivelada com o pavimento e a zona de encaixe pode ser linear ou dentada. As placas metálicas podem eventualmente ser revestidas com uma camada de elastômero, para aumentar a aderência da junta. (Dornsife, R.J., 2000, Malla, R.B., Ph.D., 2003)



Figura 3.12: Desenho de junta de placas metálicas deslizantes (fonte: [www.arzuiktusico.fm.alibaba.com](http://www.arzuiktusico.fm.alibaba.com))

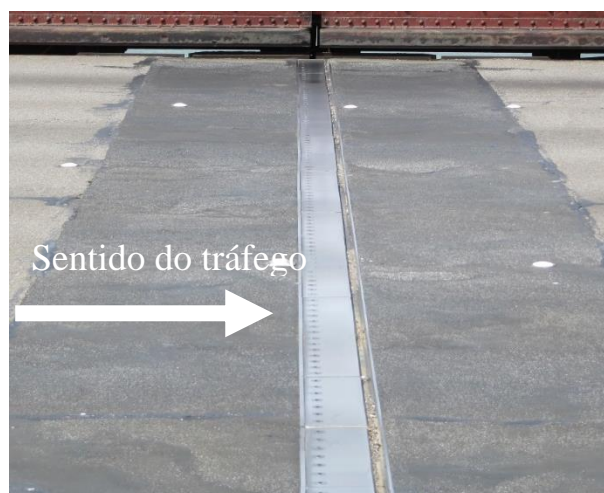


Figura 3.13: Junta de placas metálicas deslizantes

A concepção deste tipo de juntas é semelhante à que se utiliza em tapa-juntas e nos separadores do tipo New Jersey (Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).

No que toca à instalação da junta, no caso de não haver dentes de encaixe, é impreterível que a junta seja montada de tal forma que o veículo entre em contacto com a placa superior em primeiro lugar e só depois com a placa inferior.

As juntas de placas metálicas deslizantes foram concebidas para obras de arte com tráfego ligeiro ou médio ou para pontes pedonais.

Relativamente aos deslocamentos horizontais, estes são permitidos até  $\pm 500$  mm. No entanto, em situações normais, só são utilizadas até aos  $\pm 50$  mm. Os deslocamentos verticais não deverão ultrapassar os 3 mm (Lima, J.M., 2006).

As placas metálicas deslizantes têm como desvantagens:

- São juntas de dilatação permeáveis, pelo que têm de utilizar uma tela de escoamento de água sob as placas deslizantes;
- Relativamente às necessidades de manutenção, estas juntas necessitam de regular limpeza das superfícies de deslizamento, uma vez que a acumulação de detritos pode originar o bloqueio da junta e subsequente deformação superior.

### 3.3.8 JUNTAS DE ELASTÓMERO ARMADO

Este tipo de juntas é o mais utilizado hoje em dia, uma vez que é utilizável em obras de arte com deslocamentos médios a grandes e com qualquer tipo de tráfego.

As juntas de dilatação de elastómero armado são formadas por blocos prismáticos de neoprene com chapas metálicas dispostas horizontalmente, que lhe conferem rigidez e resistência. As juntas de dilatação são recortadas de forma a permitir a deformação da junta. Existem habitualmente dois tipos de juntas de dilatação de elastómero: as de corpo simples, para deslocamentos pequenos e de corpo duplo, para deslocamentos maiores. As diferenças entre estes dois tipos estão evidenciadas na figura 3.14.

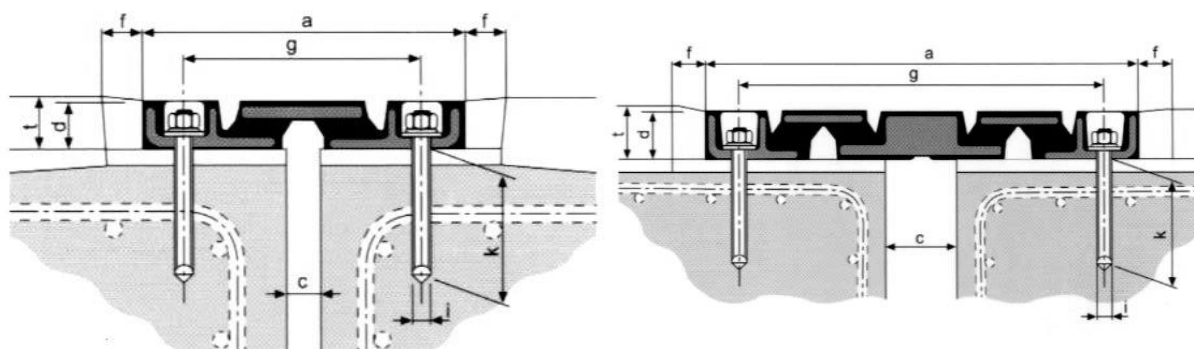


Figura 3.14: Juntas de dilatação de corpo simples e de corpo duplo (Fonte: (Lima, J.M., 2006))

As juntas de dilatação de elastômero armado são instaladas em cima de uma mesa, efetuada com uma argamassa tipo *grout* de cura rápida, e de alta resistência. Alguns fabricantes sugerem a colocação de uma chapa de aço inox para evitar o desgaste do elastômero da parte inferior da junta.

Para fazer a ligação da junta à estrutura, esta está preparada com alvéolos de forma oval o que permite que a colocação dos pernos de aparafusamento à estrutura não coincida com as armaduras passivas. Depois de feita a furação, os pernos são inseridos numa resina epóxi de cura rápida (como bucha química), e são depois apertados e selados com tampões de um material elástico que evita a oxidação dos pernos e facilita futuras manutenções (AGOM, 2013b, Lima, J.M., 2006).

Lateralmente, as juntas são ligadas ao pavimento através de bandas de transição (ver figura 3.15) efetuadas com uma argamassa com fibras de aço ou de vidro. Estas bandas de transição podem ser armadas com aço que conecta a banda à estrutura.



Figura 3.15: Junta de elastômero armado

Em termos de amplitudes de deslocamentos horizontais estas juntas podem ir de 20 mm até aproximadamente 350 mm (Lima, J.M., 2006).

Devido à sua constituição, este tipo de juntas tem uma elevada rigidez, superior à das juntas compostas (apresentadas no Capítulo 3.2.10). Esta rigidez tem consequências nos esforços de tração e compressão para os quais a estrutura e os pernos de ancoragem devem ser dimensionados.

### **Vantagens e desvantagens das juntas de elastômero armado**

As juntas de elastômero armado têm como vantagens:

- No que toca ao viés, não têm praticamente limitações;
- Têm uma durabilidade muito grande, desde que corretamente instaladas e mantidas;

- A sua instalação e substituição é facilitada por ser fabricada em módulos iguais, normalmente de 1 ou 2 m e com um sistema de encaixe;
- As condições de aderência são boas, devido às características do elastômero e devido à textura que lhe é conferida pelo desenho da própria junta;
- São consideradas bastante impermeáveis; no entanto, é aconselhável a instalação de uma tela de drenagem de águas, preferencialmente até à berma.

As juntas de elastômero armado têm como desvantagens:

- Ter uma emissão de ruído considerada média, mas que aumenta com o crescimento da largura da junta;
- Este tipo de juntas muitas vezes implica a instalação de peças especiais de remate nos lancis dos passeios e nos separadores centrais, por motivos de segurança e de escoamento de águas.

### 3.3.9 PENTES METÁLICOS EM CONSOLA

Este tipo de junta é constituído por dois pentes, um fixo ao encontro e outro ao tabuleiro, que se encaixam um no outro quando a junta fecha. Funcionam como consolas e são normalmente fornecidos em módulos de 1 m de largura.

Os dentes podem ter forma triangular, o que ajuda a uma melhor adaptação a movimentos transversais do tabuleiro, ou podem ter uma forma retangular, conhecidas como juntas em dedos (ver figura 3.16).



Figura 3.16: Junta de dilatação de pentes metálicos e de dedos metálicos (fonte: [www.mageba.net](http://www.mageba.net))

A fixação destes módulos de junta é feita habitualmente através de ancoragens pré-esforçadas em quantidade e dimensão, proporcional ao tamanho da junta e ao tipo de tráfego a suportar.

Para evitar a entrada de areias no meio dos dentes e para permitir uma melhor impermeabilidade, algumas destas juntas têm uma secção de elastômero entre os dois pentes, como ilustra a figura 3.17.





Figura 3.17: Neoprene para impermeabilização (fonte: [www.mageba.net](http://www.mageba.net))

Estas juntas são normalmente aplicadas em pontes extensas, com grande distância entre juntas, e em estradas com tráfego pesado.

As juntas em dentes são normalmente utilizadas para deslocamentos de grande amplitude ( $\pm 500$  mm) (Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).

Relativamente a deslocamentos transversais, estes são muito limitados uma vez que os dentes não lhes permitem esses movimentos.

#### **Vantagens e desvantagens das juntas de pentes metálicos em consola**

As juntas de pentes metálicos em consola têm como vantagens:

- Quanto ao viés, desde que não haja erros na disposição dos dentes, estas juntas suportam grandes valores;
- Deslocamentos verticais grandes podem ser perigosos para os utentes, principalmente para os motociclos, uma vez que se cria uma saliência na junta;
- A substituição dos módulos deste tipo de junta é relativamente fácil sendo, no entanto, necessário algum cuidado com o encaixe dos dentes e das ancoragens; Estas substituições tendencialmente danificam o betão que terá de ser posteriormente reparado com um grout de selagem.

As juntas de pentes metálicos em consola têm como desvantagens:

- Apesar da sua conceção simples, este tipo de junta tem um custo de instalação elevado;
- Exigem uma necessidade constante de limpeza dos espaços entre os dentes para que estes não bloqueiem ou partam; isto repercute-se num custo de manutenção relativamente elevado;
- A sua superfície metálica tem um baixo nível de aderência e não permite grandes raios nas curvas, o que representa um risco de acidente acrescido principalmente para os motociclos;
- Relativamente à impermeabilização, estas juntas necessitam de uma tela de drenagem de águas ou de uma caleira, fixa após a montagem da junta em determinados pontos através de perfis metálicos (Lima, J.M., 2006, Malla, R.B., Ph.D., 2003).

### 3.3.10 JUNTAS DE ELASTÓMERO ARMADO COMPOSTAS

As juntas de elastômero armado compostas (ver figura 3.17), que surgem como uma variante às juntas de elastômero armado para maiores deslocamentos, consistem na combinação de um módulo rígido de elastômero armado ou de aço galvanizado, com um ou dois módulos deformáveis de elastômero simples ou armado, dependendo dos fabricantes e da dimensão de junta.

Os módulos rígidos são colocados na zona do *gap*, e os módulos deformáveis são colocados ou só do lado do tabuleiro para deslocamentos menores ou no tabuleiro e no encontro no caso de deslocamentos maiores. Os módulos rígidos estão habitualmente suspensos em cima de pequenos blocos de neoprene aos quais estão fixados e que lhes permite o deslocamento.

Os módulos deformáveis, em alguns casos, para que lhes seja permitido o deslocamento, assentam em cima de placas de aço inoxidável e são fixados à estrutura com recurso a pernos selados no betão estrutural com uma resina epóxi. É também comum que, para evitar o levantamento da junta, estes módulos estejam ligados à estrutura por barras transversais que funcionam como guias (Lima, J.M., 2006).

Estas juntas são normalmente aplicadas em pontes extensas e têm uma amplitude máxima de deslocamento horizontal de 1600 mm. Em termos de viés são limitadas, não devendo ultrapassar os 30° (Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).



Figura 3.18: Junta de dilatação de elastômero armado composta

#### **Vantagens e desvantagens das juntas de elastômero armado compostas**

As juntas de elastômero armado compostas têm como vantagens:

- Suportar as condições de tráfego mais exigentes;
- Habitualmente os módulos têm 1 m de comprimento, o que facilita futuras manutenções;
- Desde que corretamente montadas são juntas com grande durabilidade;
- Este tipo de juntas, tal como as juntas de elastômero armado, têm boa aderência e apesar de o elastômero ser impermeável é aconselhada a instalação de uma tela de drenagem de águas.

As juntas de elastômero armado compostas têm como desvantagens:

- O custo de instalação ser elevado uma vez que habitualmente exigem adaptações dos muros estribo dos encontros;
- Devido ao seu peso, obrigam à utilização de meios mecânicos para a montagem;
- São juntas de dilatação com um nível de emissão de ruído considerado alto (Lima, J.M., 2006).

### 3.3.11 PLACAS METÁLICAS COM ROLETES

As juntas metálicas com placas de roletes, como ilustra a figura 3.19, são constituídas por duas placas metálicas revestidas de elastômero e fixas uma ao encontro e outra ao tabuleiro que deslizam sobre outras placas que se mantêm na zona neutra da junta.

Estas juntas não têm desnível entre as placas fixas e as deslizantes, uma vez que o movimento é efetuado através de um sistema de rampa, com recurso a roletes que permite a reentrada das placas inferiores ao nível das exteriores.



Figura 3.19: Junta de dilatação de placas metálicas com roletes (Fonte: (Lima, J.M., 2006))

Este tipo de juntas permite deslocamentos até aos 3000 mm, e não apresenta qualquer tipo de limitação relativamente ao tipo e intensidade de tráfego.

#### **Vantagens e desvantagens das juntas de placas metálicas com roletes**

As juntas de placas metálicas com roletes têm como vantagens:

- Ter uma rigidez elevada devido aos seus módulos metálicos mas, por outro lado, têm tendência para a oxidação, e têm um nível de ruído muito alto, possivelmente o maior de todos os tipos de junta;
- Por serem revestidas a elastômero, as juntas de dilatação metálicas com roletes têm boa aderência;
- Durabilidade muito elevada.

As juntas de placas metálicas com roletes têm como desvantagens:

- Ser de dimensão elevada quando comparadas com outras juntas para as mesmas amplitudes de deslocamentos;
- As juntas metálicas sobre roletes têm um custo elevado;
- Relativamente à permeabilidade, não é possível evitar a entrada de água que é conduzida pelas rampas para as vigas de suporte dos painéis deslizantes; É então instalado um sistema de drenagem de águas nas próprias vigas, com recurso a uma pendente criada na viga e à instalação de uma pingadeira ou uma caldeira para a drenagem geral das águas (Lima, J.M., 2006, Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).

### 3.3.12 JUNTAS MODULARES

As juntas modulares são constituídas por um conjunto de perfis de elastómero alternados com perfis metálicos de aço, que assentam e deslizam sobre vigas metálicas transversais à junta, conforme pode ser visualizado na figura 3.20. Estas vigas estão apoiadas em cada bordo da junta em elementos chamados caixas de deslocamento. (Malla, R.B., Ph.D., 2003)



Figura 3.20: Junta modular com perfis metálicos e de elastómero (Fonte: [www.mageba.net](http://www.mageba.net))

Esta combinação revela-se eficaz uma vez que os perfis metálicos garantem a resistência da junta à passagem de veículos e os perfis elastoméricos garantem a deformação da junta. Para que as aberturas e fecho dos perfis elastoméricos sejam uniformes, estas juntas possuem dispositivos mecânicos ou elásticos, tal como ilustra a figura 3.21.



Figura 3.21: Dispositivos mecânicos para uniformizar deslocamentos (fonte: [www.mageba.net](http://www.mageba.net))

As juntas de dilatação modulares são destinadas a obras de arte com deslocamentos de grandes amplitudes e com movimentos complexos verticais ou horizontais. Dependendo do fabricante, estas juntas podem suportar deslocamentos horizontais com amplitude até  $\pm 1200$  mm e com deslocamentos verticais de  $\pm 20$  mm. Em termos de viés, estas juntas permitem um ângulo até aos  $45^\circ$ .

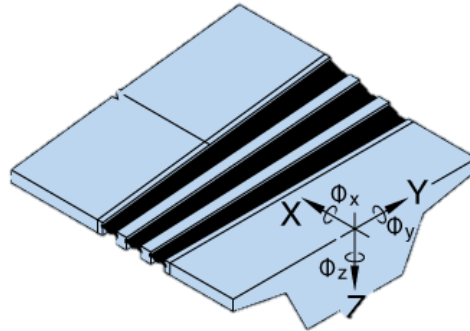


Figura 3.22: Capacidade de movimento multidirecional

### Vantagens e desvantagens das juntas modulares

As juntas modulares têm como vantagens:

- A grande capacidade para acomodar ao mesmo tempo deslocamentos nos vários eixos e rotação;
- Relativamente à sua durabilidade, as juntas modulares são robustas e aguentam até aos 25 anos, desde que bem instaladas e mantidas;
- As juntas podem ser consideradas impermeáveis uma vez que a combinação do elastómero com os perfis metálicos a faz funcionar como um conjunto único.

As juntas modulares têm como vantagens:

- Ter um custo elevado, tanto de instalação como de manutenção, devido às suas dimensões e à sua complexidade de movimento;
- Relativamente à emissão de ruído, estas juntas caracterizam-se por ter emissões muito altas; Para diminuir esta desvantagem são propostas pelos fabricantes algumas soluções como placas de lã de rocha debaixo da junta, para minimizar o ruído projetado para baixo, e também a modificação da superfície de contacto, ver figura 3.23. (Lima, J.M., 2006, Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a)



Figura 3.23: Pavimento especial para redução de ruído (Fonte: [www.maurer-soehne.com](http://www.maurer-soehne.com))





## 4

## APARELHOS DE APOIO E JUNTAS DE DILATAÇÃO APLICADOS PELA MEEC

### 4.1 BREVE CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO

O mercado de aparelhos de apoio e de juntas de dilatação está diretamente relacionado e dependente do mercado de construção e manutenção das estradas, sendo por isso muito influenciado pelas tendências deste.

Atualmente, devido ao contexto macroeconómico português, com grande número de restrições económicas, em particular nos investimentos públicos, tem-se vindo a sentir uma grande redução tanto a nível de novos projetos de construção como de conservação e manutenção.

Tabela 4.1: Evolução dos investimentos realizados pela “Estradas de Portugal” entre 2009 e 2012 (adaptado de fonte:(Estradas de Portugal, 2012))

Investimentos (M€)	2009	2010	2011	2012
<b>Estudos e Projetos de Construção</b>				
Concursos lançados	1,92	0,37	0,4	0,05
Estudos Adjudicados/Iniciados	4,12	1,9	0,34	0,11
Estudos Concluídos	10,43	3,72	0,64	0,8
<b>Estudos e Projetos de Conservação e Manutenção</b>				
Concursos lançados	3,85	2,68	0,85	1,47
Estudos Adjudicados/Iniciados	2,6	3,58	1,38	0,98
Estudos Concluídos	1,88	1,37	2,18	2,06

O claro desinvestimento nesta área, patente no relatório de contas de 2012 das “Estradas de Portugal”, leva a uma dificuldade acrescida do desenvolvimento e crescimento da área em Portugal, levando muitas empresas a procurar expandir-se para mercados estrangeiros.

Atualmente, e nos próximos anos, é de prever que a principal oportunidade de negócio será a manutenção dos elementos já instalados: por exemplo, só as “Estradas de Portugal” tem a seu cargo mais de 5400 pontes (Freire, L.M.R., 2008). De resto o quadro reproduzido mostra que, de 2011 para 2012, o investimento em obras de construção (concursos lançados) diminuiu 87% tendo porém aumentado 73% em obras de conservação e manutenção (Estradas de Portugal, 2012).

Atualmente, em Portugal, o mercado de aparelhos de apoio e de juntas de dilatação divide-se em dois tipos: no primeiro, a comercialização é feita por representantes de empresas estrangeiras ou parcerias dessas empresas com empresas portuguesas – como é o caso da “Mota-Engil, Engenharia e Construção, S.A.” (MEEC); no segundo, procede-se à instalação e manutenção daqueles elementos em obras de arte nacionais.

Com a falência da empresa Fernando Lemos, antigo fabricante português de aparelhos de apoio e juntas de dilatação, este tipo de produtos comercializados em Portugal é, quase sempre, fabricado no estrangeiro, nomeadamente em Espanha, França ou Itália. Alguns elementos de maior complexidade ou amplitude são importados da Alemanha ou da Suíça (Lima, J.M.B., Jorge de, 2009a).

Na última década, as principais empresas a operar em Portugal, na área de juntas de dilatação e aparelhos de apoio, têm sido:

- VSL Sistemas Portugal; fabricantes: Trelleborg, Iesa Expandite e CCL;
- Freyssinet; fabricantes: PPC, SBT, CIPEC e SHW;
- Pretensa; fabricante: FIP Industriale;
- Dispositivos Especiais de Pontes e Viadutos (D.E.P.V.); fabricante: Alga;
- Mota-Engil; fabricante: Agom.

Num estudo realizado em 2004, foi possível concluir que as empresas que operam no mercado nacional têm capacidade para responder às necessidades tanto de tipo como de amplitude de juntas de dilatação; as maiores amplitudes usadas predominantemente em viadutos, as menores em passagens superiores (Santiago, S., 2004).

É de referir também que, antes de 2010, uma vez que não havia em Portugal nenhum empreiteiro que comercializasse diretamente estes aparelhos, o mercado praticava preços muito altos facilitado por aparente concertação entre as poucas empresas em presença.

Os modelos de juntas de dilatação mais comercializados a nível nacional são de dois tipos:

- Juntas de dilatação aparentes:
  - Elastómero armado;
  - Elastómero comprimido.
- Juntas de dilatação não-aparentes:
  - Ligante modificado por elastómeros e agregado selecionado.
- Os modelos de aparelhos de apoio mais comercializados a nível nacional são:
  - Unidirecionais, Fixos e Multidirecionais de neoprene cintado;
  - Unidirecionais, Fixos e Multidirecionais do tipo pote ou panela;
  - Oleodinâmicos, sísmicos e esféricos.



## **4.2 CARACTERIZAÇÃO DA MOTA-ENGIL PRÉ-ESFORÇO E DAS EMPRESAS PARCEIRAS**

### **4.2.1 MOTA-ENGIL ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO - PRÉ-ESFORÇO**

A área de negócio do Pré-Esforço da “Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A.” funciona desde 1995 e tem como principais atividades a aplicação de pós-tensão em obra, o fornecimento e aplicação de juntas de dilatação aparentes e não-aparentes e o fornecimento de aparelhos de apoio. Não é habitual a empresa fazer a aplicação dos aparelhos de apoio por esta aplicação ser, em primeiro lugar, de complexidade muito reduzida e, em segundo lugar, porque a aplicação destes aparelhos costuma ser realizada com intervalos de tempo muito longos e irregulares, não se justificando manter os elevados custos com mão-de-obra especializada dedicada a estas tarefas.

Em 2011, no sentido de expandir a área de negócio do departamento de Pré-esforço da “Mota-Engil Engenharia e Construção S.A.” (MEEC-PE), e no sentido de diminuir custos de compra de materiais, foi estudada a possibilidade de uma parceria com uma das empresas fabricantes dos materiais em questão.

De um estudo relativo ao período de 2004-2011, elaborado pelo engenheiro João Flores, responsável pelas obras de pré-esforço em Portugal na MEEC-PE, retiraram-se as seguintes conclusões:

- Os principais fornecedores da empresa até à data (2011) eram:
  - VSL;
  - Freyssinet;
  - Pretensa;
  - Fernando Lemos;
  - D.E.V.P.
- No intervalo de tempo contemplado a MEEC fez encomendas de cerca de 9,25 M€ sendo cerca de 4,15 M€ o custo das aquisições ao maior fornecedor até à data.

Para fazer uma comparação de preços entre os fornecedores habituais e a Agom, empresa italiana sem presença em Portugal àquela data, estudaram-se os aparelhos de apoio e as juntas de dilatação aplicados em obras que a MEEC tinha executado.

Para que este estudo fosse realista, dada a impossibilidade de obter preços para obras já realizadas, foi feito o estudo dos orçamentos recebidos para obras de futura execução e foi feita uma análise estatística com o método de regressão linear, permitindo atribuir preços em função da carga a suportar pelos aparelhos de apoio e em função do deslocamento para as juntas de dilatação. Foi provada a forte relação entre estes parâmetros e o preço, na medida em que se pôde verificar coeficientes de correlação superiores a 0,9.

Após a análise dos dados acima descritos foi possível chegar à conclusão que, para a MEEC, a diferença entre contratar um fornecedor habitual ou fazer uma parceria com a Agom seria de cerca de menos 30%.

Concluiu-se portanto que a poupança da empresa no referido período de estudo teria sido da ordem dos 2,6 M€, caso a parceria estivesse já feita.

Atualmente a MEEC tem parcerias com a Agom para o fornecimento de aparelhos de apoio e juntas de dilatação aparentes, com a ENNIS-Flint para o fornecimento de juntas de dilatação não-aparentes e com a Dywidag no fornecimento de material para aplicação do pré-esforço. Esta última não será caracterizada uma vez que não entra no âmbito da presente dissertação.

O volume de negócios tem vindo a crescer, tal como demonstra o gráfico de barras, cerca de 2.9% no último ano, chegando a 5,36 M€ em 2013, embora o resultado operacional do departamento tenha diminuído cerca de 11% para 0,65 M€.

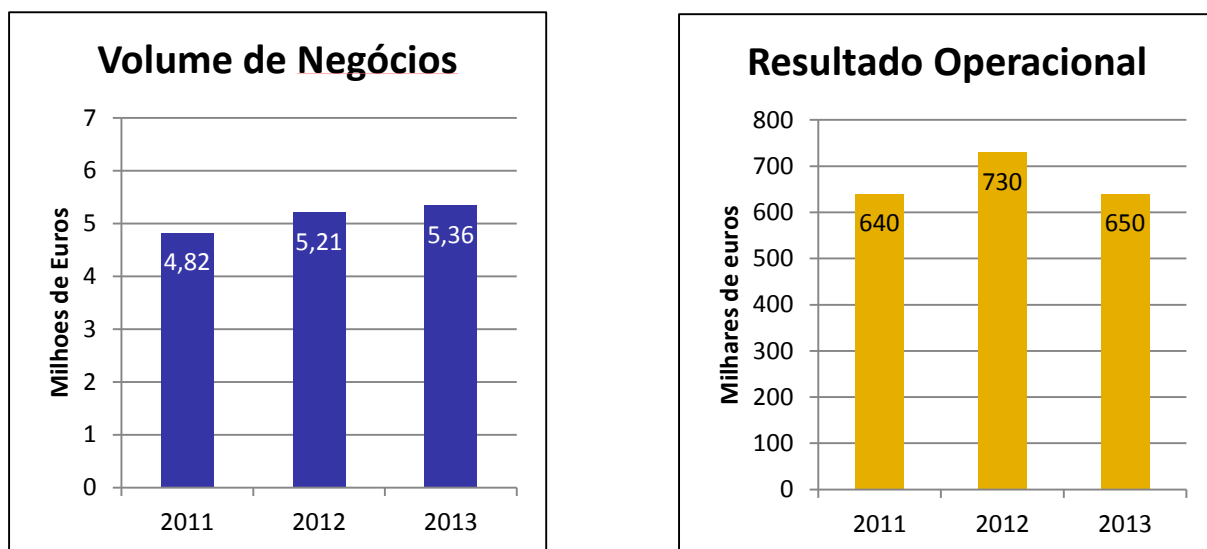


Figura 4.1: Volume de negócios e resultado operacional da MEEC-PE entre 2011 e 2013

Do ponto de vista da influência de cada uma das áreas de negócio no departamento é possível verificar pelos gráficos circulares abaixo apresentados (figuras 4.2 e 4.3) que, do ano 2012 para 2013, houve uma clara diminuição da influência dos aparelhos de apoio e das juntas de dilatação a nível nacional mas, por outro lado, um claro crescimento a nível internacional o que está em conformidade com a descrição do mercado nacional acima efetuada. É também possível afirmar que estas áreas têm um grande potencial de crescimento no mercado internacional, estando neste momento prevista a expansão da área de negócio para a América Latina e para África.

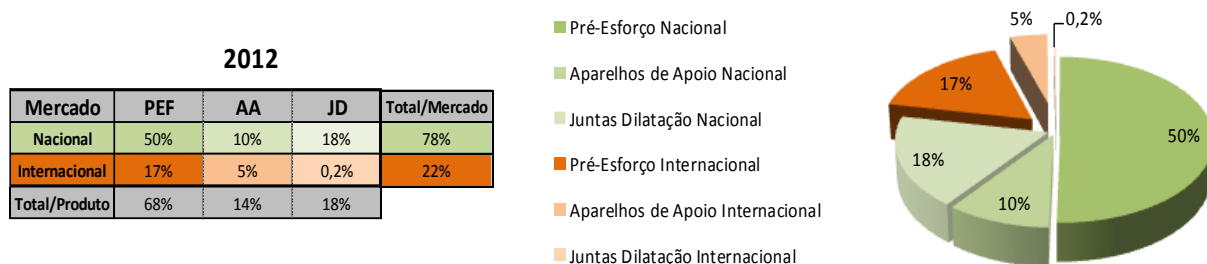


Figura 4.2: Distribuição das áreas de negócio da MEEC-PE no mercado nacional e internacional em 2012

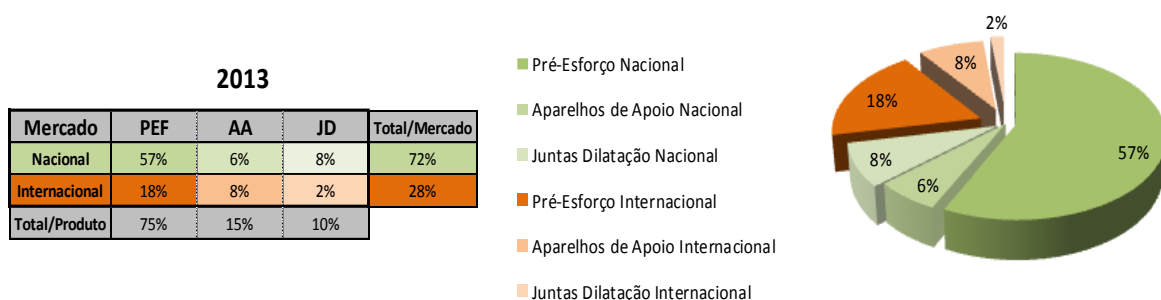


Figura 4.3: Distribuição das áreas de negócio da MEEC-PE no mercado nacional e internacional em 2013

#### 4.2.2 AGOM

A Agom é uma empresa italiana, especializada na fabricação de produtos metálicos e de borracha, com destaque para o projeto e fabricação de juntas de dilatação, aparelhos de apoio de elastômero para obras de arte, e aparelhos de choque antissísmicos para pontes e edifícios, operando a nível mundial e tendo vindo a desenvolver e a expandir o seu negócio no sentido de se tornar uma das mais importantes empresas na sua área (AGOM).

A empresa encarrega-se de todo o processo de projeto e dimensionamento [específico para cada obra], fabrico e controlo de qualidade, sendo este aplicado quer à matéria-prima que utiliza quer ao produto final. A empresa tem a certificação de qualidade ISO 9001:2000 e os seus produtos de aparelhos de apoio de elastômero e do tipo panela têm a marcação CE. Periodicamente a empresa contrata entidades externas de supervisão para assegurar o correto controlo de qualidade.

A Agom tem uma unidade de pesquisa onde desenvolve protótipos de novos artigos de inovação tecnológica para permitir à empresa ser líder na produção de produtos que permitam satisfazer as necessidades dos clientes.

Atualmente a Agom comercializa os produtos abaixo descritos e representados nas figuras 4.4 a 4.7:

- Aparelhos de apoio de elastômero para pontes;
- Aparelhos de apoio de elastômero cintado;
- Placas metálicas de fixação: fixas, unidirecionais, ou multidirecionais;
- Aparelhos de apoio do tipo “*pot pearing*”: fixas, unidirecionais, ou multidirecionais;
- Aparelhos de apoio esféricos;
- Aparelhos de apoio antissísmicos;
- Aparelhos de apoio horizontais;
- Juntas de dilatação para pontes rodoviárias;
- Juntas de dilatação para ferrovias.



Figura 4.4: Aparelhos de apoio de elastômero simples e cintado ([www.agom.it](http://www.agom.it))



Figura 4.5: Aparelho de apoio com placas metálicas e do tipo panela ([www.agom.it](http://www.agom.it))



Figura 4.6: Aparelho de apoio antissísmico e aparelho de apoio horizontal (www.agom.it)



Figura 4.7: Junta de dilatação para rodovia e junta de dilatação para ferrovia (www.agom.it)

#### 4.2.3 ENNIS-FLINT

A Ennis-Fint, novo nome da empresa inglesa Ennis Prismo, é uma empresa que produz e comercializa produtos relacionados com segurança rodoviária e que está presente na América do Norte, Central e do Sul, na Europa, na Ásia do Pacífico, no médio oriente e em África (Ennis-Flint).

A empresa tem várias áreas de comércio, tais como:

- Marcação de estradas;
- Vedantes para fissuras em pavimentos;
- Pisos de grande fricção;
- Juntas de dilatação não-aparentes para obras de arte;
- Pintura de linhas de tráfego;
- Pintura e manutenção de marcações em aeroportos;
- Refletores de sinalização rodoviários;
- Produtos relacionados com o tráfego (Ennis-Flint).

#### 4.3 ÂMBITO – CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DOS PRODUTOS COMERCIALIZADOS PELA MOTA-ENGIL ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO - PRÉ-ESFORÇO (MEEC-PE)

Em Portugal a Agom está representada pela MEEC-PE sendo que esta faz a sua comercialização, aplicação e manutenção. De todos os produtos fabricados pela empresa a MEEC-PE comercializa essencialmente juntas de dilatação aparentes de várias amplitudes e aparelhos de apoio de elastómero simples, elastómero cintado e do tipo “*pot bearing*”.

#### 4.3.1 JUNTAS DE DILATAÇÃO APARENTES UTILIZADAS PELA MEEC-PE - AGOM

##### A.) CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA - JUNTAS DE DILATAÇÃO PARA AUTOESTRADAS – AGFLEXJ & AGFLEX BJ

As juntas de dilatação Agom AGFLEXJ estão concebidas para comportar deslocamentos de amplitudes até aos 330 mm entre a obra de arte e os encontros e suportam rotação entre as partes da estrutura em qualquer direção. Apesar de não estar catalogado, é possível adaptar este tipo de juntas a outras amplitudes caso seja necessário.

As juntas de dilatação Agom são aplicáveis a obras de arte em betão armado mas também podem ser instaladas em estruturas metálicas.

As juntas de dilatação AGFLEXJ têm como principais características: uma grande resistência à corrosão devido à completa proteção dos materiais corrosíveis com uma capa de borracha patente na figura 4.8, um baixo impacto sonoro devido à cobertura de borracha da junta, um sistema de montagem fácil de aplicar devido ao seu encaixe macho-fêmea, como é possível verificar na figura 4.8, e devido ao facto de serem fornecidos em elementos de um ou dois metros (AGOM, 2013b).

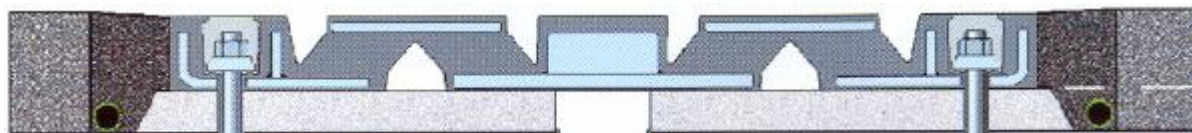


Figura 4.8: Corte de uma junta de dilatação AGFLEXJ instalada (fonte: (AGOM, 2013b))



Figura 4.9: Encaixe de uma junta de dilatação AGFLEXJ ([www.agom.it](http://www.agom.it))

Caracterizam-se por ter uma grande resistência à água devido às suas ranhuras transversais e longitudinais que conduzem a água para as bermas da estrada e, além disso, conferem uma melhor aderência do veículo ao piso.

As juntas de dilatação estão reforçadas com placas de aço e são constituídas por borracha antiabrasiva de forma a suportar veículos pesados sem grandes deformações da junta; não se danificam com o derrame de óleos e combustíveis dos veículos; resistir à constante exposição solar e variações de temperatura.

Na figura 4.10 é possível observar que as juntas são marcadas com uma etiqueta contendo características, norma de suporte (neste caso BS5400), o número de encomenda e a data de fabricação.

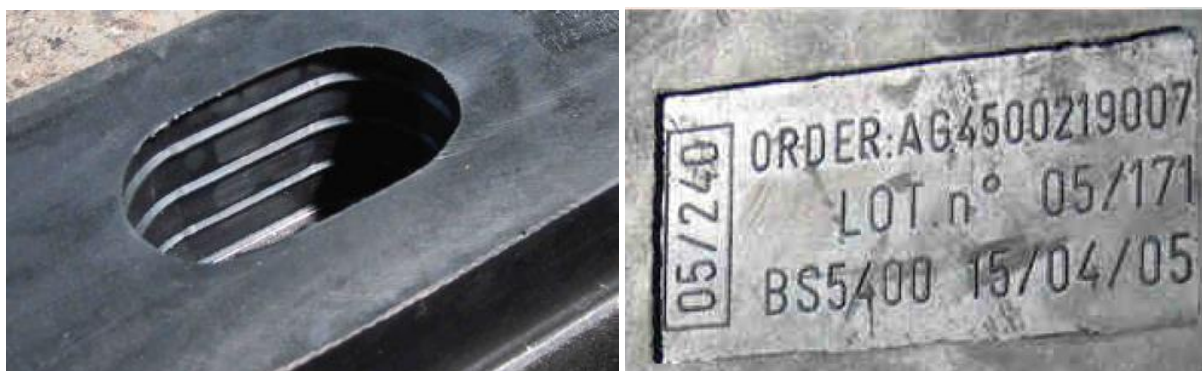


Figura 4.10: Alvéolos de aparafusamento da junta de dilatação e marcação com a caracterização da junta (fonte: (AGOM, 2013b))

As juntas de dilatação da Agom são constituídas por elastómero combinado com placas de aço.

O elastómero utilizado no processo de fabricação e moldagem pode ser policloropreno (comercialmente conhecido por neoprene), borracha natural, ou borracha SBR (*styrene-butadiene rubber*) (AGOM, 2013b).

Na tabela 4.2 estão evidenciadas as características, os métodos de teste e os respetivos requisitos para o material elastómero constituinte das juntas de dilatação.

Tabela 4.2: Características do elastómero e correspondentes teste e requisitos (adaptado de (AGOM, 2013b))

Características	Método de teste	Requisitos
Tensão (MPa)	ISO 37. 2	$\geq 15,5$
Alongamento na rotura (%)	ISO 37. 2	$\geq 450$
Compressão 22h; 70° (IRHD)	ISO 815	$\leq 30$
Dureza (IRHD)	ISO 48	$60 \pm 5$

**Nota:** IRHD – International Rubber Hardness Degrees

Relativamente ao aço, este é testado de acordo com a Norma EN 10025 (AGOM, 2013b).

A marca Agom produz juntas de dilatação de várias dimensões, que permitem uma grande gama de amplitudes. As aplicadas em Portugal pela MEEC-PE têm as características descritas na tabela 4.2.

Tabela 4.3: Modelos e respectivas características das juntas de dilatação AGFLEXJ (fonte: (AGOM, 2013b))

Modelo	Movimento	Dimensões LxAxC	Passo	Peso
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]
AGFLEXJ 30	± 15	271 X 33 X 2000	200	18
AGFLEXJ 50	± 25	276 X 43 X 2000	200	25
AGFLEXJ 80	± 40	356 X 45 X 2000	250	34
AGFLEXJ 100	± 50	392 X 54 X 2000	250	45
AGFLEXJ 120	± 60	426 X 100 X 1000	250	59
AGFLEXJ 140	± 70	476 X 79 X 2000	250	81
AGFLEXJ 160	± 80	502 X 84 X 2000	250	88
AGFLEXJ 200	± 100	806 X 71 X 2000	250	135
AGFLEXJ 250	± 125	892 X 79 X 2000	250	155
AGFLEXJ 330	± 165	1108 X 100 X 1000	250	280
AGFLEX BJ 400	± 200	1470 X 90 X 2000	250	354
AGFLEX BJ 600	± 300	1470 X 90 X 2000	250	455

Os furos ou alvéolos de aparafusamento são ovais de forma a que, em obra, possa ser ajustada a posição do parafuso para evitar a coincidência de um parafuso com um varão de aço passivo da estrutura da obra de arte, tal como ilustra a figura 4.11.



Figura 4.11: Pormenor de um alvéolo de uma junta de dilatação AGOM (fonte: (AGOM, 2013b))

Geralmente, nos passeios que se encontram no seguimento da junta de dilatação do pavimento, é colocada uma placa de alumínio antiderrapante fixa de um lado por parafusos e, nos casos de juntas de grande largura, são feitos do outro lado furos ovais que permitem que a placa acompanhe as movimentações da junta de dilatação como se ilustra na figura 4.12.



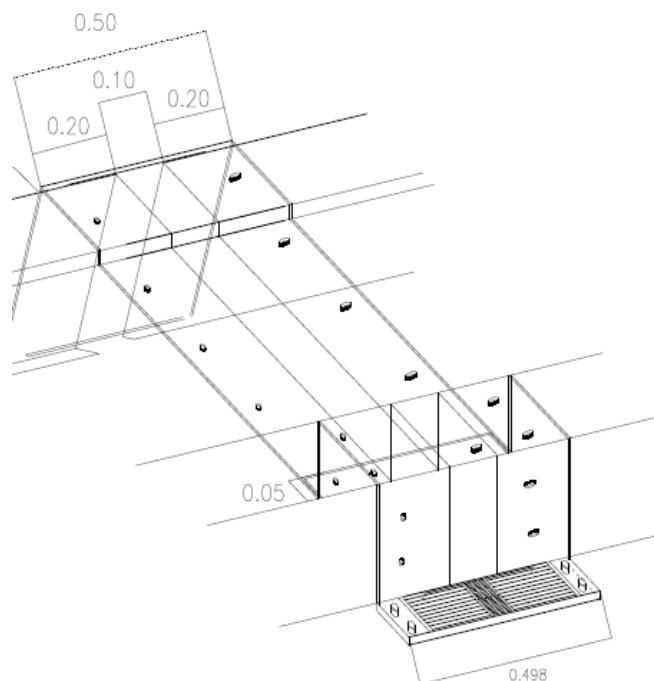


Figura 4.12: Esquema de tapa juntas para passeios para ponte (EN315)

Os procedimentos de instalação e de manutenção das juntas de dilatação da Agom apresentam-se nos Anexos I A) e I B) respetivamente.

#### 4.3.2 APARELHOS DE APOIO UTILIZADOS PELA MEEC-PE - AGOM

##### B.) CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA

Atualmente no mercado internacional estão disponíveis vários tipos de aparelhos de apoio nomeadamente os de elastómero simples, os de elastómero cintado, os do tipo *pot bearing*, os antissísmicos, os oleodinâmicos e os esféricos. Apesar de a MEEC-PE comercializar todos estes aparelhos de apoio, a presente dissertação será mais focada nos aparelhos que são mais comuns em Portugal, sendo eles os de elastómero simples e cintados e os do tipo *pot bearing*.

##### B.1) APARELHOS DE APOIO DE ELASTÓMERO

Os aparelhos de apoio de elastómeros, designados E-Link, são fabricados para suportar cargas e deformações em simultâneo em qualquer direção, além de permitirem pequenas rotações em qualquer eixo do aparelho. Estes aparelhos estão regulados pela Norma EN 1337-3 e podem ser simples, laminados ou laminados com pratos de aço exteriores, como pode ser visualizado na figura 4.13. Podem ser também produzidos com placas de ancoragem especiais ou com superfícies deslizantes para melhorar a capacidade de deslocamento da estrutura. Este tipo de aparelhos de apoio pode suportar cargas verticais até aos 22000 KN (AGOM, 2013a).

Os aparelhos de elastómero não reforçado são uma solução simples, de baixo custo e capaz de suportar cargas de compressão, movimentos de translação e de rotação, sendo estas soluções aplicáveis a obras de arte, tanto de betão como metálicas.





Figura 4.13: Aparelho de apoio de elastômero simples e de elastômero cintado (www.agom.it)

Os aparelhos de elastômero cintados com placas de aço foram concebidos para a aplicação em obras de arte e edifícios como um aparelho de apoio de cargas verticais com capacidade de translação e de rotação. Este tipo de aparelho de apoio pode ser fabricado em forma retangular ou circular dependendo das necessidades indicadas pelo projetista e tem uma aparência semelhante ao de elastômero simples uma vez que, para evitar problemas de corrosão, todo o aparelho está envolvido em borracha.

Atualmente, os modelos de aparelhos de apoio acima mencionados não são muito utilizados, preferindo os projetistas aparelhos de apoio com proteção exterior de placas metálicas vulcanizadas ao neoprene. Estas placas estão furadas para permitir a inserção de um parafuso que é seguro com uma fêmea, garantindo assim a fixação do aparelho de apoio à obra de arte. A furação da placa de metal tem de ser feita com especial precisão e cuidado, de tal forma que a placa metálica tenha uma inserção na qual o perno possa encaixar para que o parafuso não funcione ao corte isoladamente (AGOM, 2013a), ver figura 4.14.



Figura 4.14: Aparelho de apoio de elastômero com placas metálicas (www.agom.it)

Estas placas metálicas podem ser concebidas com várias formas e desenhos em função da translação pedida no projeto, uni ou multidirecional, em função da carga a ser suportada e em função da altura do aparelho de neoprene para que os furos de aparafusamento estejam desencontrados e não entrem em contacto, depois de instalados os aparelhos.

No que toca ao desenho e fabricação, os produtos da Agom, comercializados pela MEEC-PE, podem ser concebidos de acordo com a Norma EN 1337, a Inglesa BS 5400, a Italiana CNR 10018, a Alemã DIN 4141, a Francesa SETRA B.T.4. e a Americana AASHTO – M251, dependendo dos países em que são instalados.

O material elastômero, utilizado na produção destes aparelhos, pode ser neoprene ou borracha natural, dependendo dos requisitos do projeto. A Agom tem um laboratório no qual faz o controlo de qualidade

destes materiais, em função da norma aplicada no local em que serão instalados, no qual são testadas as propriedades mecânicas do material e a velocidade de envelhecimento, entre outros.

Os aparelhos de apoio com placas metálicas vulcanizadas, para permitir deslocamentos entre a obra de arte e o apoio, estão dotados de uma fina placa de austenite (fase sólida não magnética do ferro) pelo interior que, em contacto com uma placa de Politetrafluoretileno PTFE (Teflon), permite o deslocamento sem danificar os restantes materiais (ver figura 4.15).

O aço austenite deverá ter uma espessura mínima de 1.5 mm e deverá estar de acordo com a Norma EN 10088-2 respeitando as seguintes características:

- Rugosidade  $\leq 1 \mu\text{m}$ ;
- Dureza  $\geq 150 \text{ HV1}$  e  $\leq 220 \text{ HV1}$  (HV-Hardness of Vickers, é uma escala de dureza).

Relativamente à placa de Teflon, esta pode ter no mínimo 1.5 mm e varia de acordo com o tipo e tamanho do aparelho. Este material deverá estar de acordo com as características indicadas na tabela 4.3.

Tabela 4.4: Características das placas de PTFE

Características	Método de teste	Requisitos
Tensão (MPa)	ISO 527-1, -3	$\geq 29$
Alongamento na rotura (%)	ISO 527-1, -3	$\geq 300$
Dureza (H)	EN ISO 2039-1	H132/60=23 a 33 MPa



Figura 4. 15: Pormenor da placa de austenite e da placa de PTFE (www.agom.it)

Como ilustra a figura 4.16, todos os aparelhos de apoio estão marcados com uma placa metálica que detalha as propriedades do aparelho:

- Tipo de aparelho de apoio;
- Carga vertical e horizontal máxima;
- Rotação;
- Número de encomenda;
- Data de fabrico;
- Marcação CE.

Na superfície do topo do aparelho está indicado o tipo de aparelho de apoio, a direção do eixo da ponte, os deslocamentos que pode sofrer, tal como ilustra a figura 4.16.



Figura 4.16: Indicação da orientação do aparelho de apoio e placa metálica com informação das propriedades do aparelho ([www.agom.it](http://www.agom.it))

Além das já mencionadas, todos os blocos de elastómero estão diretamente marcados como é possível visualizar na figura 4.17 com:

- Padrões internacionais;
- Número de encomenda;
- Data de fabrico;
- Marcação CE.

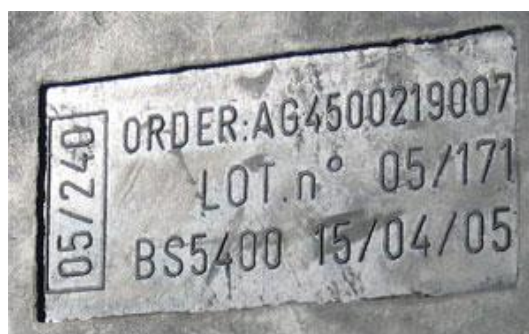


Figura 4.17: Marca vulcanizada no bloco de elastómero com as características deste. ([www.agom.it](http://www.agom.it))

Para permitir uma monitorização dos deslocamentos sofridos por cada aparelho de apoio, estes estão dotados de um ponteiro e de uma escala. Este conjunto permite, depois de marcada a posição inicial do ponteiro, conhecer os deslocamentos da base superior relativamente à base inferior do aparelho ao longo do tempo.



Figura 4.18: Ponteiro e escala de deslocamentos (www.agom.it)

Os aparelhos de apoio da Agom estão dotados de proteções contra as poeiras e contra a corrosão. Para o primeiro caso, o aparelho está envolvido com uma cortina de neoprene que evita a entrada de poeiras que poderiam criar fricção entre as partes do aparelho. Relativamente à corrosão, a Agom aplica produtos convenientes ao aço em contacto com o meio ambiente e em função do nível de agressividade do meio a que está exposto seguindo estes a Norma EN 1337-9:

- Jato de areia grau SA2.5;
- Duas componentes de alta espessura de pintura epóxi de zinco: 25  $\mu\text{m}$ .

Em seguida descrevem-se os passos seguidos pela AGOM na elaboração do projeto de um aparelho de apoio para obras de arte.

1. A Agom recebe o projeto de estruturas que contém: o tipo de aparelho de apoio, a possibilidade de deslocamento, as cargas (verticais e horizontais) exercidas nos aparelhos de acordo com o esquema de fixação, os deslocamentos e a rotação;
2. Em função destes dados, a Agom elabora o projeto do aparelho de apoio: dimensões do elastómero, das placas vulcanizadas, localização dos parafusos e dimensão dos pernos, pré-deslocamento;
3. Se necessário, desenha um compensador de inclinação para colocar entre a estrutura superior e o aparelho de apoio por forma a ajustar um declive permanente; O declive da estrutura inferior deve ser sempre ajustado de forma a que o aparelho fique na posição horizontal.

#### B.2) APARELHOS DE APOIO DO TIPO PANELA (*POT BEARING*)

Os aparelhos de apoio do tipo *Pot Bearing* estão desenhados para suportar combinações de cargas verticais, horizontais, movimentos longitudinais e transversais e rotações. Estão concebidos para ser aplicados em obras de arte em betão armado ou em aço.

Estes aparelhos de apoio são constituídos por uma almofada de neoprene dentro de uma panela de aço. Quando submetido a alta pressão, o neoprene funciona como um líquido incompressível confinado permitindo assim que a borracha se mova e o pistão se incline.

Este tipo de aparelhos suporta cargas até aos 100.000 KN, sendo que estão desenhados para suportar cargas horizontais até 15% da carga vertical e com uma rotação máxima de  $\pm 0.01$  rad (AGOM, 2013c).

Este tipo de aparelhos pode ser classificado em três tipos: o fixo, o multidirecional e os unidirecionais (longitudinais ou transversais).

Os aparelhos com a referência AGPF são constituídos por uma panela (*pot*) dentro da qual se encontra um disco de elastômero equipado com três anéis de cobre no seu raio exterior que tem por funcionalidade não permitir a extrusão do neoprene, conforme evidencia a figura 4.19. Estes aparelhos permitem rotação em qualquer direção e ao mesmo tempo limitam qualquer movimento horizontal.

Na figura 4.19 é possível observar as marcações antes referidas: Agom *Pot Bearing* Fixo com capacidade para suportar uma carga de 1700 KN na vertical, 200 KN na horizontal segundo X e 500 KN na horizontal segundo Y.

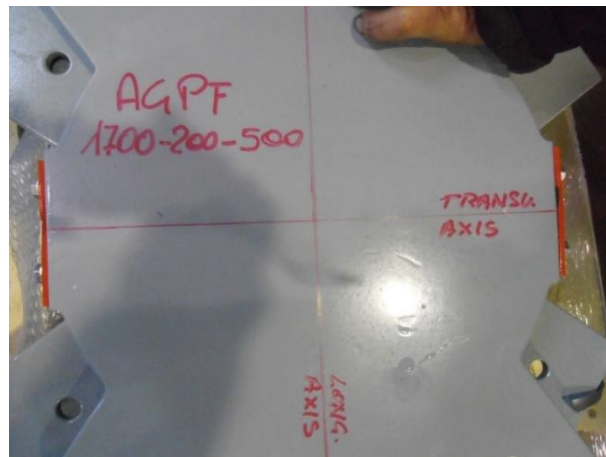


Figura 4.19: Aparelho de apoio Agom do tipo *Pot Bearing* fixo

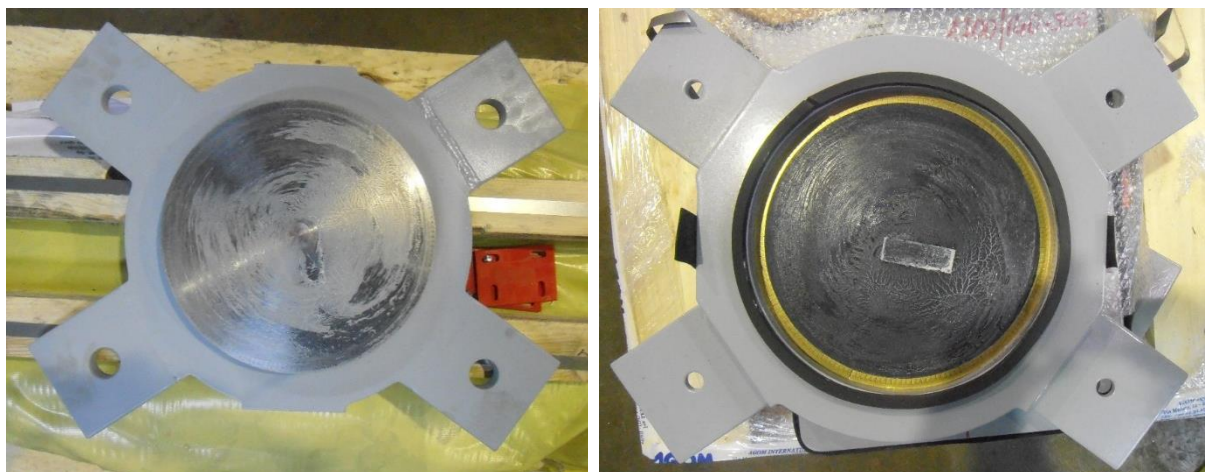


Figura 4.20: Aparelho de apoio *Pot Bearing* fixo desmontado em estaleiro



Os aparelhos com a referência AGPM, além de permitirem a rotação, permitem deslocamentos horizontais em todas as direções. Para este efeito é aplicado em cima do disco de elastômero um disco de PTFE (teflon) em contacto com uma placa de austenite na superfície de aço superior.

Na figura 4.21 é possível observar as marcações referentes às características do aparelho de apoio: Agom *Pot Bearing* Multidirecional com capacidade para suportar uma carga de 3500 KN na vertical, 40 KN na horizontal segundo Y e um deslocamento de 140 mm na horizontal segundo X.



Figura 4.21: Aparelho de apoio do tipo *pot bearing* multidirecional desmontado em estaleiro



Figura 4.22: Aparelho de apoio do tipo *pot bearing* multidirecional desmontado em estaleiro

Os aparelhos com a referência AGPL-AGPT, além de permitirem a rotação, permitem deslocamentos horizontais no sentido Longitudinal ou Transversal. Para este efeito é aplicada em cima do disco de elastómero um disco de PTFE (teflon) em contacto com uma placa de austenite na placa de aço superior. No sentido em que é permitido o deslocamento é aplicado um carril metálico que restringe o deslocamento.

Na figura 4.23 é possível observar as marcações referentes às características do aparelho de apoio: Agom *Pot Bearing* Transversal com capacidade para suportar uma carga de 2550 kN na vertical, e um deslocamento de 20 mm na horizontal segundo Y.



Figura 4. 23: Placa com informação do aparelho de apoio

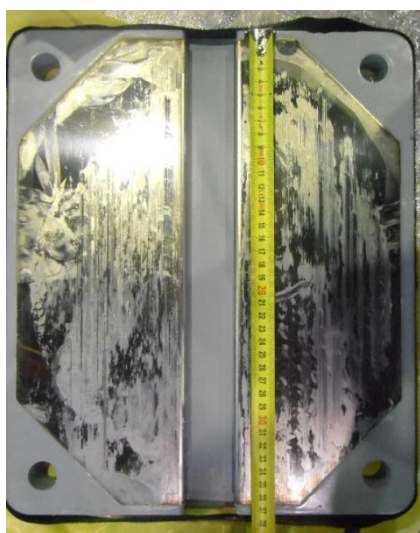


Figura 4.24: Aparelho de apoio do tipo *Pot Bearing* unidirecional desmontado em estaleiro

Relativamente à caracterização dos materiais integrantes deste produto e aos passos tomados para conceção do seu desenho, são os mesmos já descritos para os aparelhos de apoio de elastómero.

Os procedimentos de instalação e de manutenção dos aparelhos de apoio da Agom apresentam-se nos Anexos I C) e I D) respetivamente.

#### 4.3.3 JUNTAS DE DILATAÇÃO NÃO-APARENTES - ENNIS-FLINT

A MEEC está certificada pela ENNIS-Flint para a aplicação de juntas de dilatação não-aparentes Thormajoint, sendo que faz a comercialização, aplicação e manutenção.

### C.) CARACTERIZAÇÃO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO UTILIZADAS PELA MEEC-PE

As juntas de dilatação utilizadas pela MEEC-PE têm como nome comercial Prismo Thormajoint e estão concebidas para utilizar em qualquer parte da obra de arte, incluindo bermas e elementos rígidos.



Figura 4.25: Junta de dilatação não aparente ([www.dantextltd.com](http://www.dantextltd.com))

Este tipo de junta combina uma brita de dimensão 14-16 ou 16-18, em função da profundidade da junta, e um elastômero modificado (BJ200) que são misturados a altas temperaturas, proporcionando flexibilidade e resistência que permite uma amplitude de deslocamentos horizontais até  $\pm 30$  mm e deslocamentos verticais até 3mm.

BJ200 é um polímero betuminoso modificado composto, utilizado como um sistema flexível e estanque em juntas de dilatação de pontes e é formulado para uso em qualquer tipo de clima. A junta executada com este composto constitui um conjunto estável, impermeável e resistente à deformação da superfície, permitindo simultaneamente uma boa capacidade de movimento:

- Capacidade de movimento vertical até 3 mm;
- Capacidade de movimento horizontal até  $\pm 30$  mm;
- Capacidade de movimento transversal até  $\pm 20$  mm.

Este produto sólido é entregue à obra em sacos e é aquecido numa caldeira de acordo com as recomendações do fabricante até uma temperatura entre os 180° e os 190°C. É fornecido em função da zona climática em que é instalada pois é aplicável numa larga gama de temperaturas ambientes entre os -10°C e os + 65°C (Ennis-Flint).

A utilização de um agregado quase homogêneo permite um elevado teor de ligante o que confere à mistura uma grande flexibilidade e capacidade de carga. A brita deve ser aquecida numa betoneira, antes de misturada, a uma temperatura entre os 150° e os 190°.

A junta é aplicada em toda a largura da estrada e a toda a profundidade até à base de betão. Em certos casos, o projetista pode decidir retirar um pouco de altura ao betão para aumentar a profundidade da junta de dilatação.



É colocada uma placa de aço abaixo do BJ200 que não só não permite a passagem de agregado para a abertura como também permite distribuir a carga aplicada pelas rodas ao longo da junta.

As juntas de dilatação não-aparentes Thormajoint podem ser aplicadas em obras de artes novas ou como soluções de manutenção para juntas desgastadas ou danificadas. A altura da junta não deve ser inferior a 50 mm e a largura deve estar compreendida entre 350 e 750 mm.

Para garantir a qualidade do produto são efetuados alguns testes cujos resultados aceitáveis de encontram especificados na tabela 4.5.

Tabela 4.5: Testes de qualidade e respectivos intervalos de resultados aceitáveis do BJ200

Teste	Resultado
Ponto de amolecimento (°C) (Ring & Ball, EN 1427)	<b>&gt;100</b>
Densidade (g/l) (ASTM D5329)	<b>1.1 ± 0.1</b>
Penetração a 25°C (mm) (EN 13880)	<b>10-35</b>
Cup Flow a 65°C (%) (ASTM D5329)	<b>5%</b>
Fluidez (prato) 5h a 60°C (ASTM D 5329)	<b>0 mm</b>
Extensão / Bond Test (50%) a 25°C (ASTM D1191, D5329)	<b>Passa 5 ciclos</b>

O procedimento de instalação das juntas de dilatação da ENNIS-Flint apresenta-se no Anexo I F).



# 5

## CASOS DE ESTUDO APARELHOS DE APOIO

### 5.1 OBJETO E ÂMBITO

No período do desenvolvimento da presente tese a MEEC-PE não forneceu aparelhos de apoio para obras em território nacional cujas eventuais anomalias fosse possível avaliar e documentar. Por este motivo, os casos estudados são relativos aos aparelhos de apoio fornecidos para a subconcessão do Lote 3 do lanço Condeixa / Coimbra do Itinerário Complementar três (IC3), instalados nos anos de 2012 e 2013 e para uma passagem inferior da Autoestrada do Norte (A1) no sublanço Pombal / Condeixa.

Neste capítulo, são apresentados 4 casos de estudo nos quais se pretende caracterizar as anomalias encontradas. Uma vez que se verificou que em grande parte as anomalias são comuns aos 4 casos, a apresentação é feita por anomalia e não por caso, sendo que as fichas de anomalias de cada caso de estudo se apresentam em anexo.

### 5.2 BREVE DESCRIÇÃO DAS OBRAS ESTUDADAS

#### CASO 1: VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DOS BRAÇAIS

A obra de arte desenvolve-se, entre eixos de apoio nos encontros, entre os kms 1+985,000 e 2+380,000 do lanço Condeixa / Coimbra do Itinerário Complementar Três (IC3). Em planta, a obra insere-se numa curva circular direita de raio igual a 700 metros.

A superestrutura do viaduto é composta por dois tabuleiros com 13,30 metros de largura, afastados entre si 3,00 metros tendo, na diretriz, um comprimento total entre juntas de dilatação dos encontros de 395,00 metros. A estrutura está representada em corte na figura 5.1. Cada tabuleiro é constituído por duas vigas trapezoidais, em betão armado e pré-esforçado, com altura constante de 2,60 metros, unidas por uma laje maciça com um vão total livre de 7,20 m. Lateralmente, os tabuleiros são constituídos por lajes em consola com 2,25 m de comprimento.

O tabuleiro foi construído tramo a tramo, com cimbria superior auto-lançável.

Os pilares, em betão armado, com altura que varia de 14 m até aproximadamente 61 m, apresentam um fuste de secção constante em forma de “I” inscrito num retângulo com 5,40 m na direção transversal por 2,40 m na direção longitudinal da obra de arte.

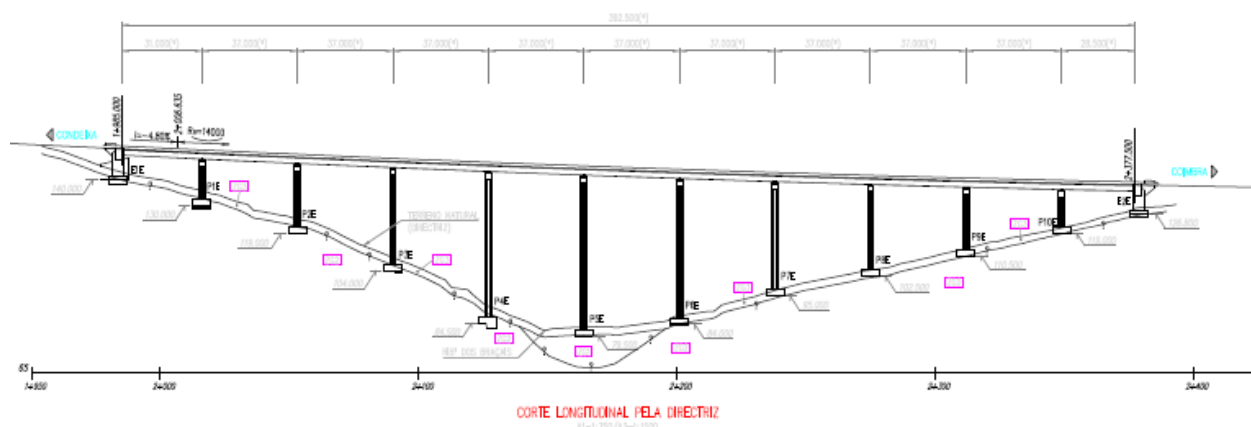


Figura 5.1: Projeto do Viaduto da Ribeira de Braçais - corte

## CASO 2: VIADUTO DO VALE DO INFERNO

A obra de arte desenvolve-se, entre eixos de apoio nos encontros, entre o km 0+010,00 e o km 0+400,00 do lanço do IC3 entre Condeixa e Coimbra.

O viaduto é constituído por dois tabuleiros independentes comportando, cada um, uma faixa de rodagem, perfazendo uma largura total de 29,60m. Tem um comprimento total de 390m, e a altura máxima acima do solo é de cerca de 65m. A obra de arte passa sobre uma linha de água e sobre a estrada municipal EM1171.

A solução construtiva é em betão armado pré-esforçado, com vãos correntes de 52,00m com tabuleiros em laje vigada em forma de “ $\pi$ ”, betonados “in situ”, construída tramo a tramo com recurso a viga de lançamento.

Os pilares foram executados com fuste único no apoio de cada um dos tabuleiros, tendo sido adotados pilares com secção transversal oca de 0,50m de espessura na menor dimensão e 0,35m na maior. No topo dos pilares foi adotado um capitel para acomodar os aparelhos de apoio das vigas do tabuleiro com uma dimensão transversal de 7,90m.

Os encontros são do tipo perdido, executados em betão armado.

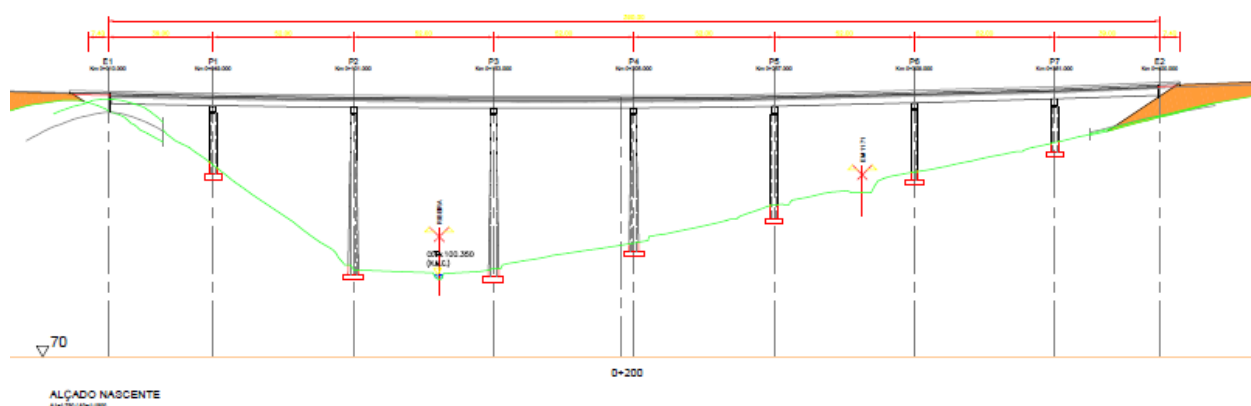


Figura 5.2: Projeto do Viaduto do Vale do Inferno - corte

## CASO 3: PS2 LOTE 3 (IC3)

A obra de arte está integrada no lanço do IC3 entre Condeixa e Coimbra, e permite desnivelar o cruzamento entre o IC3 e o restabelecimento 2, junto ao km 1+686 do IC3. Para transpor superiormente o IC3, desenvolveu-se uma solução em pórtico longitudinal de três vãos (ver figura 5.3), com um comprimento total de 56.00 m e um vão central de 28.00 m.

O pórtico é composto por um conjunto de vigas pré-fabricadas e pré-esforçadas, com pré-lajes a apoiar nas vigas e uma lâmina de betão betonado “in situ”. Nas extremidades, as vigas descarregam nos encontros através de aparelhos de apoio do tipo “*pot bearing*”, enquanto as travessas são monolíticas com os pilares.

O tabuleiro é constituído por 4 alinhamentos de vigas “I” pré-fabricadas e pré-esforçadas, com 1.30 m de altura e um afastamento de 2.20 m entre elas. O tabuleiro é ainda complementado por uma laje betonada “in situ” sobre as pré-lajes com uma espessura total de 0.25m. O tabuleiro tem uma largura total de 8.90 m.

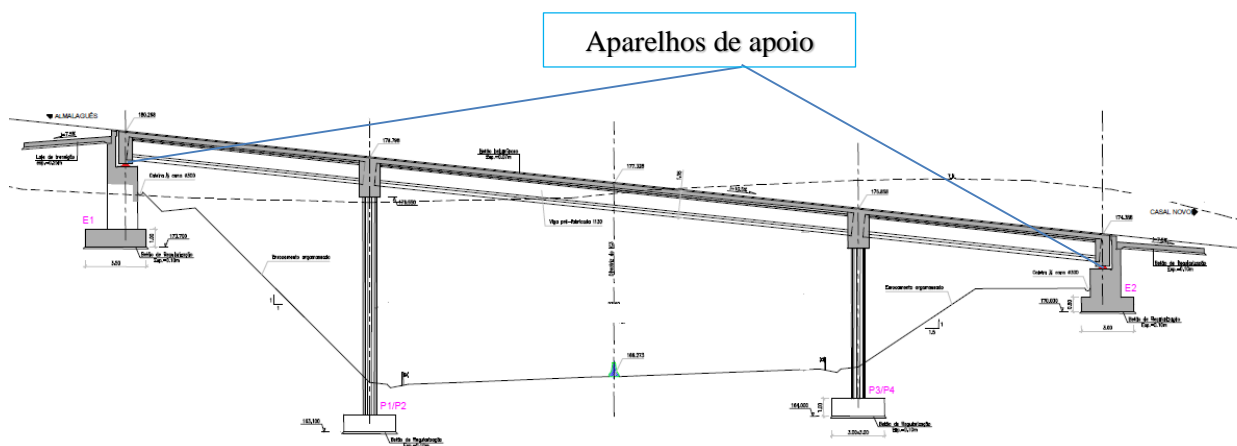


Figura 5.3: Projeto da PS2 Lote 3 - corte

## CASO 4: NÓ DE SOURE

A obra de arte do Nó de Soure, Passagem Inferior PI 241<sup>a</sup>, do Sublanço Pombal / Condeixa, da A1 – Autoestrada do Norte, tem por objetivo promover uma ligação à zona Nascente do concelho de Soure (Distrito de Coimbra), bem como à Estrada Nacional N.º 1 (IC2), junto às localidades de Casconho e Porto Coelho.

O dimensionamento do tabuleiro assegura a implantação transversal da Autoestrada na sua situação futura após o alargamento para 2x4 vias, acrescido de passadiços de serviço, resultando assim para o tabuleiro uma largura total de  $19.80 + 22.20 = 42.00\text{m}$ .

A Passagem Inferior PI 241A é uma obra de 3 vãos, constituída por um tabuleiro contínuo assente em duas fiadas de pilares centrais e em dois encontros perdidos, tal como se pode ver na figura 5.4. O tabuleiro foi realizado com um conjunto de vigas pré-fabricadas pré-esforçadas, solidarizadas por uma laje betonada “in situ” e com continuidade sobre os apoios intermédios assegurada apenas por armaduras passivas.

As larguras dos 2 meios tabuleiros resultantes do perfil final da A1 conduzem a tabuleiros que foram realizados por lajes vigadas constituídas por 10 e 9 vigas “T” pré-fabricadas pré-esforçadas, de altura constante e ligadas superiormente entre si por uma laje com 0.20m de espessura, betonada diretamente sobre os banzos superiores das vigas.

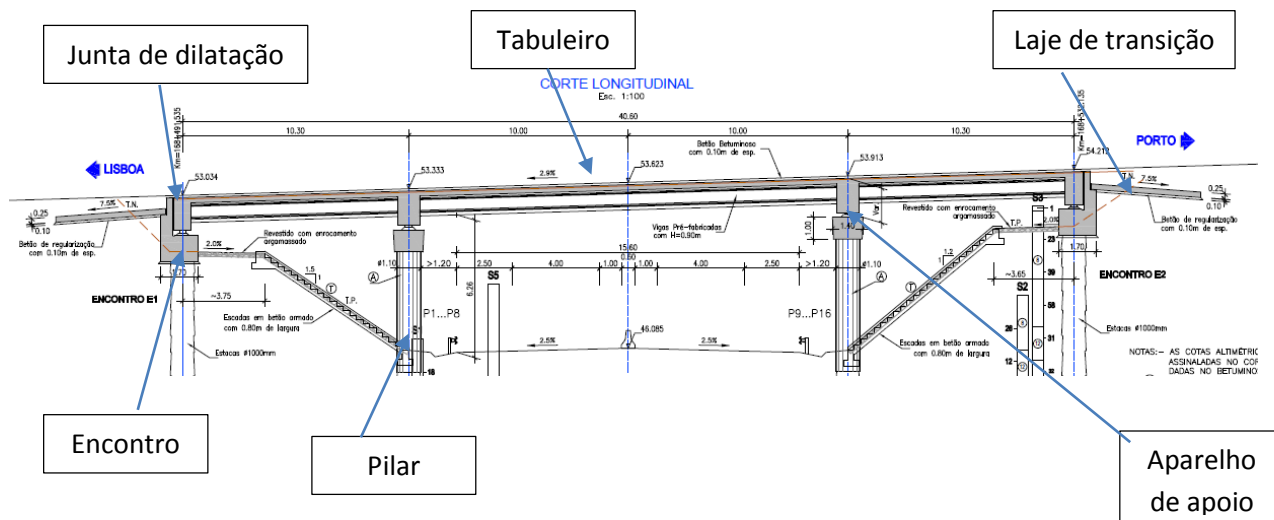


Figura 5.4: Projeto do Nó de Soure - corte

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DOS APARELHOS DE APOIO INSTALADOS

#### CASO 1: VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DOS BRAÇAIS

Sobre cada uma das vigas longitudinais, nos encontros e coroamento dos pilares, estão acomodados dois aparelhos de apoio em panela, do tipo “*pot bearing*” e na secção lateral dos encontros estão acomodados batentes de neoprene cintado. Nas secções junto aos encontros há carlingas de secção retangular destinadas a aumentar o encastramento à torção do tabuleiro e permitir um melhor encaminhamento das cargas para os aparelhos de apoio.

Todos os aparelhos de apoio instalados no viaduto são da marca Agom e foram instalados em dezembro de 2012.

Os aparelhos de apoio instalados nos encontros permitem deslocamentos longitudinais até 500 mm e suportam cargas verticais até 3500 KN. Os aparelhos instalados nos pilares P1, P9, P10 permitem também deslocamentos longitudinais até 500 mm e suportam cargas verticais até 7500 KN. Os aparelhos de apoio instalados nos pilares P2 a P8 são fixos e suportam cargas verticais até aos 7250 KN.

Os batentes instalados nas laterais dos encontros, por norma, não estão em serviço e têm como função a contenção e absorção das cargas horizontais geradas na eventualidade de um sismo.



Figura 5.5: Projeto do Viaduto sobre a Ribeira dos Braçais - planta

## CASO 2: VIADUTO DO VALE DO INFERNO

O apoio dos tabuleiros nas vigas de estribo realiza-se por intermédio de aparelhos de apoio do tipo “*pot bearing*” multidirecionais, 2 por tabuleiro, que permitem deslocamentos no plano horizontal. Transversalmente, cada tabuleiro é travado por 2 batentes dispostos nos topos de cada uma das carlingas, onde se pré-instalam blocos de neoprene cintado, montados em coxins metálicos.

Os movimentos longitudinais do tabuleiro são condicionados por meio de batentes colocados nos encontros ao valor máximo das folgas definidas nas peças desenhadas.

Todos os aparelhos de apoio e batentes instalados no viaduto são da marca Agom e começaram a ser instalados em outubro de 2012.

Os aparelhos de apoio instalados nos encontros permitem deslocamentos longitudinais até 470 mm, deslocamentos transversais até 40mm e suportam cargas verticais em serviço até 3000KN. Nos pilares estão instalados aparelhos de apoio que permitem deslocamentos até aos 470 mm ou aparelhos de apoio fixo, ambos suportam carregamentos verticais em serviço até 9000 KN.

Os encontros têm batentes longitudinais de neoprene cintado, adotados com a finalidade de limitar os deslocamentos longitudinais do viaduto.

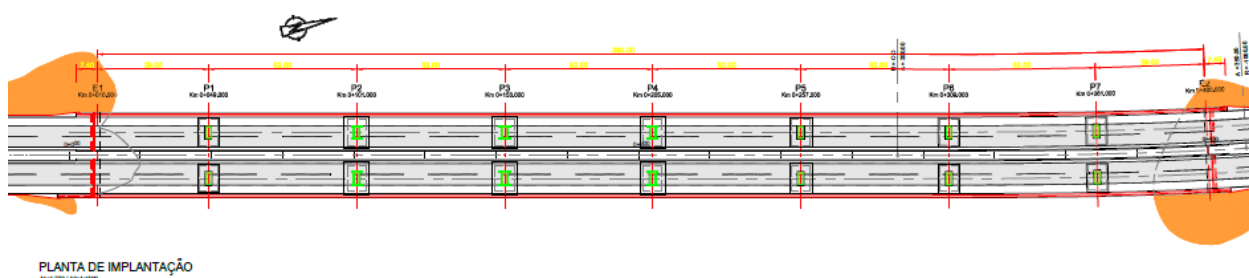


Figura 5.6: Projeto do Viaduto do Vale do Inferno - planta

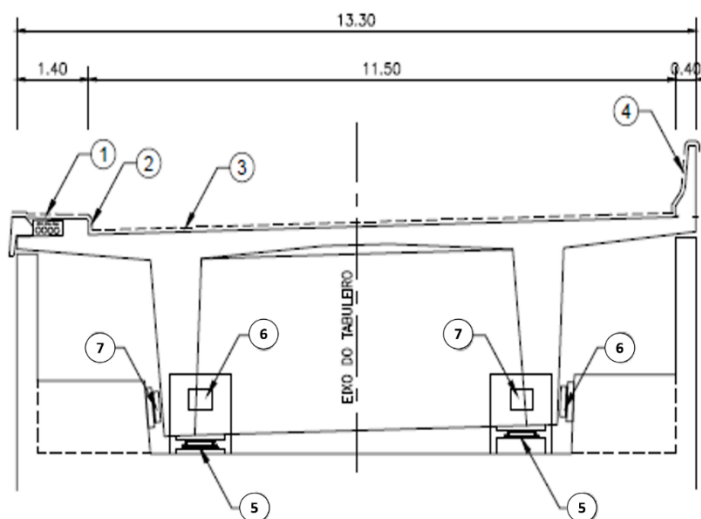


Figura 5.7: Projeto do Viaduto do Vale do Inferno – corte transversal (adaptado)

## Legenda

- |  |  |
|--|--|
| 1 – Tapa juntas para passadiço   | 4 – Junta de dilatação para perfil rígido de segurança do tipo “GBA” |
| 2 – Peça especial para lancil em neoprene armado                         | 5 – Aparelho de apoio multidirecional do tipo “panela”               |
| 3 – Junta de dilatação estanque de neoprene armado para faixa de rodagem | 6 – Batente longitudinal em neoprene cintado                         |
|  | 7 – Batente transversal em neoprene cintado                          |

Apresenta-se no anexo II a lista de anomalias relativas a este caso.

### CASO 3: PS2 LOTE 3

Os apoios extremos do tabuleiro sobre os encontros estão materializados com uma carlinga de secção 0.80x1.70 m2 onde estão acomodados três aparelhos de apoio do tipo “*pot bearing*” e na secção lateral dos encontros estão acomodados batentes de neoprene cintado.

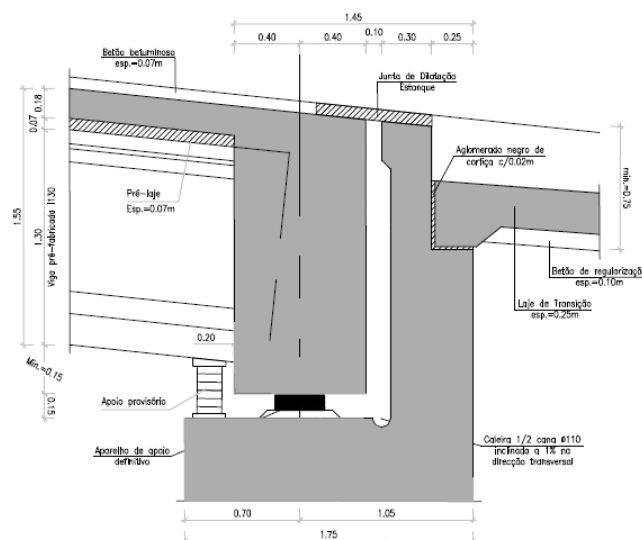


Figura 5.8: Projeto PS2 Lote 3 – pormenor encontro

Todos os aparelhos de apoio instalados no viaduto são da marca Agom e começaram a ser instalados em novembro de 2012.

Os aparelhos de apoio instalados nos encontros permitem deslocamentos longitudinais até 110 mm e suportam cargas em serviço até 900 KN.

Os encontros têm ainda batentes longitudinais de neoprene cintado, adotados com a finalidade de limitar os deslocamentos longitudinais do viaduto.

O tabuleiro transmite as cargas nos pilares através da ligação monolítica.



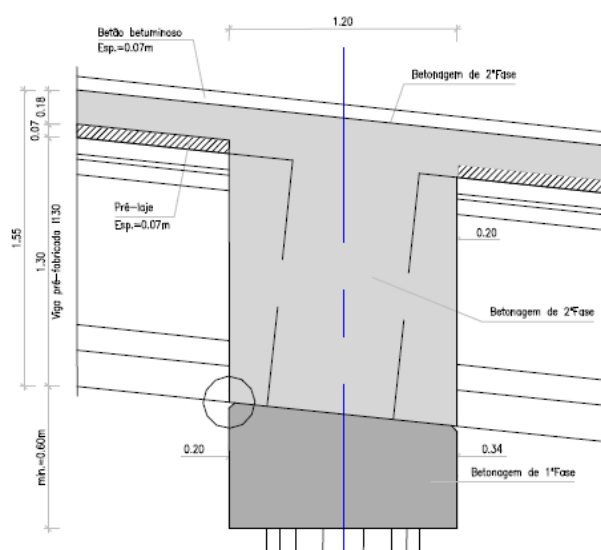


Figura 5.9: Projeto PS2 Lote 3 – pormenor da cabeça do pilar

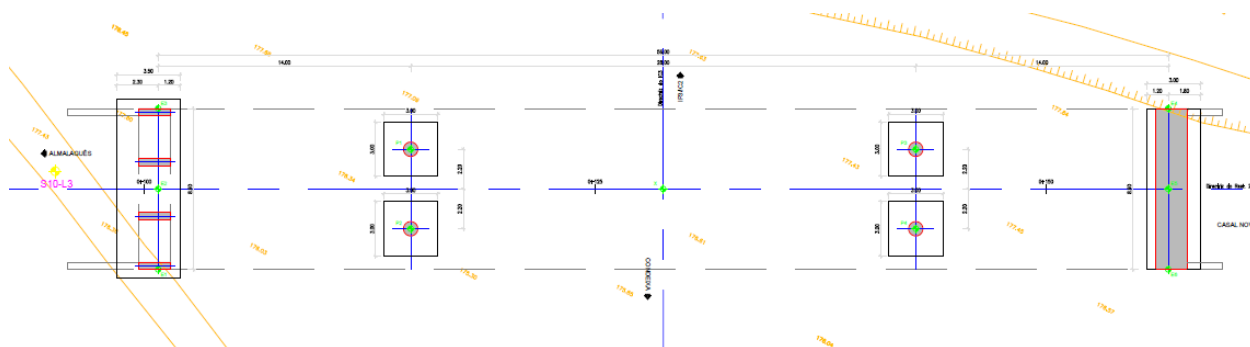
Apresenta-se no anexo II a lista de anomalias relativas a este caso.

#### CASO 4: NÓ DE SOURE

Nas extremidades do tabuleiro, bem como nos apoios intermédios, estão dispostas carlingas transversais betonadas “in situ”, com a função de solidarizar e travar as vigas pré-fabricadas e de transmitir as suas cargas aos aparelhos de apoio. Os pilares estaca que constituem os apoios intermédios do tabuleiro, serão encabeçados por uma viga de travamento que recebe os aparelhos de apoio das carlingas intermédias. Os encontros, do tipo perdido, são constituídos por uma viga de estribo com uma secção transversal retangular em betão armado, apoiada em estacas previamente moldadas no corpo do aterro existente.

Todos os aparelhos de apoio instalados são da marca Agom e começaram a ser instalados em fevereiro de 2013.

A ligação do tabuleiro aos pilares intermédios e ao Encontro E1, foi efetuada por meio de aparelhos de apoio móveis unidireccionais, que permitem rotações e impedem deslocamentos no sentido transversal ao eixo da obra.



A ligação do tabuleiro ao encontro E2 foi feita por meio de aparelhos de apoio fixos, permitindo apenas rotações e impedindo todos os deslocamentos.

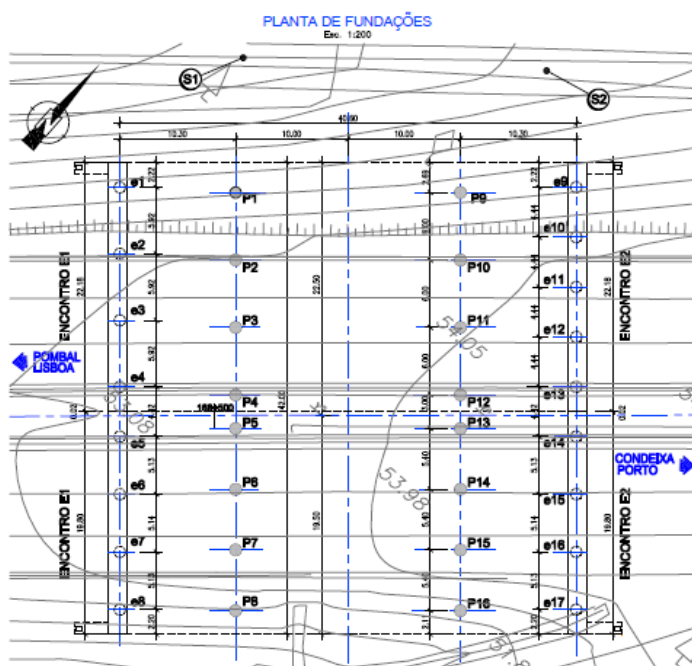


Figura 5.11: Projeto do Nó de Soure - planta

Apresenta-se no anexo II a lista de anomalias relativas a este caso.

## 5.4 ANOMALIAS NOS APARELHOS DE APOIO

Os aparelhos de apoio por serem elementos estruturais amovíveis e que são manuseados em obra estão sujeitos a sofrer anomalias desde o processo de instalação, até ao final dos vários anos de vida útil em que estão sujeitos a intempéries, a sismos e a outras ações que contribuem para a sua degradação.

Tal como descrito por Luís Freire, e como foi possível constatar durante o estudo dos casos apresentados *“Muitas anomalias são provocadas por deficiências no manuseamento, instalação e manutenção dos aparelhos de apoio”* (Freire, L.M.R., 2008).

### 5.4.1 BATENTES COM GROUT

Os batentes de travamento longitudinal são habitualmente instalados no encontro, no alinhamento do “gap” entre o tabuleiro e o encontro, onde são depois instaladas as juntas de dilatação. Por este motivo, e uma vez que não é comum os batentes serem protegidos depois de instalados, quando é executado o nivelamento das mesas onde assentam as juntas de dilatação há queda de *grout* nos batentes, tal como ilustra a figura 5.12.

Esta sujidade criada pela queda de *grout* contribui para a diminuição da vida útil dos aparelhos de apoio uma vez que acelera a degradação do neoprene além de que, quando o *grout* cai na parte metálica do aparelho, pode mais tarde danificar a tinta. Nestes casos, o batente deve ser limpo e os elementos metálicos devem ser examinados para uma eventual aplicação do procedimento de reparação de pintura de aparelhos de apoio (Anexo II).



Figura 5.12: Batente com grout

Assim, é recomendável que, quando é feita a instalação do batente num local sobre o qual está prevista a instalação de uma junta de dilatação, se proteja o batente com um plástico.

#### 5.4.2 BASE DOS BATENTES COM INDÍCIOS DE OXIDAÇÃO

A base dos batentes analisados tinha indícios de oxidação, como ilustra a figura 5.13. Depois de contactado o fabricante conclui-se que, uma vez que as Euro Normas de pintura do produto são seguidas, esta anomalia deve-se ao mau transporte, armazenamento ou instalação dos aparelhos. Acontece que, uma vez ferida a tinta de proteção, o processo de oxidação vai evoluindo debaixo da tinta, levando esta última a destacar-se do aparelho em locais que, aparentemente, não foram lesados.

Esta anomalia contribui para uma diminuição da vida útil do aparelho de apoio e, quando verificada, deve ser aplicado o procedimento de reparação de pintura.



Figura 5.13: Base dos batentes com indícios de oxidação

Para evitar este tipo de anomalia recomenda-se o manuseamento dos aparelhos de apoio com grua e, quando identificada tinta ferida, dever-se-á proceder de imediato à sua reparação.

#### 5.4.3 FACE DO BATENTE NÃO ESTÁ TOTALMENTE APOIADA AO BETÃO

Por vezes, quando a face de betão onde assenta o batente não está corretamente nivelada, acontece que parte da superfície do batente fica em contato com a parede de betão e a outra parte do batente fica desapoitada, tal como ilustra a figura 5.14.

Isto leva a que a força exercida no batente seja suportada pela base de aço e não pela parede de betão, o que pode conduzir a problemas tanto no betão do encontro, que poderá fissurar em pontos com maior tensão, como no batente que se deformará e não funcionará como previsto.



Figura 5.14: Face do batente não está totalmente encostada ao betão e Parafusos de fixação encurvados

Quando identificada esta anomalia ou semelhantes, os batentes deverão ser desmontados e a parede de betão deverá ser nivelada.

#### 5.4.4 PARAFUSOS DE FIXAÇÃO ENCURVADOS

Na figura 5.14 é possível observar, além da anomalia anteriormente descrita, que o parafuso de fixação do batente não está corretamente fixado. Esta anomalia deve-se provavelmente à má instalação do batente e consequente tentativa de ação corretiva com recurso a força. Poderá ser também consequência de uma furação que coincidiu com uma armadura passiva, e que obrigou o operário a fazer a furação num ângulo que não o normal à face do betão.

A deficiente instalação dos parafusos diminui a sua vida útil, aumentando a facilidade de rotura por corte, o que conduz a uma redução da vida útil do batente.

O ideal para evitar este tipo de anomalias seria a execução de negativos para os pernos dos batentes. Não sendo isto possível, caso a face do batente esteja bem apoiada no betão, é preferível não intervir.

#### 5.4.5 APARELHOS DE APOIO SEM CORTINA DE NEOPRENE ANTI POEIRAS

A falta ou degradação da cortina anti poeiras de neoprene (ver figuras 5.15 e 5.16), habitualmente retirada ou rasgada por descuido ou por mau manuseamento, leva a uma degradação mais acelerada do aparelho de apoio, uma vez que os elementos metálicos ficam mais expostos à humidade e as borrachas, a almofada de neoprene e a placa de teflon ficam mais expostos à entrada de poeiras.



Figura 5.15: Aparelho de apoio sem cortina de neoprene



Figura 5.16: Aparelho de apoio com cortina de neoprene parcialmente rasgada

Quando identificados estes casos, deve ser removido o material restante da cortina de neoprene e deve ser colocada uma nova cortina, tendo em atenção a posição da escala de deslocamentos relativamente ao ponteiro.

Para evitar este tipo de anomalia, os operários que fazem a montagem dos aparelhos de apoio devem ser sensibilizados para as consequências, e a fiscalização deverá estar mais presente durante a execução dos trabalhos de montagem dos aparelhos de apoio.

#### 5.4.6 APARELHO DE APOIO COM SUJIDADE

A sujidade nos aparelhos de apoio, evidenciada na figura 5.17 e 5.18, pode ter entre outras causas, a falta de limpeza dos encontros no final da obra ou no final da construção dos taludes laterais do encontro, levando a uma degradação mais acelerada do aparelho de apoio.



Figura 5.17: Aparelho de apoio com sujidade



Figura 5.18: Aparelho de apoio com lama e cascalho

Recomenda-se a limpeza das áreas dos aparelhos de apoio afetadas, preferencialmente com recurso a jato de água, e recomenda-se também a proteção dos encontros durante a execução dos taludes laterais.



#### 5.4.7 BASE DO APARELHO DE APOIO ENTERRADA NO GROUT DO PLINTO

A má execução do plinto inferior, que leva ao enterro da base do aparelho de apoio, como é possível observar na figura 5.19, tem como consequência o aumento da dificuldade das operações em futuras reparações ou substituições do aparelho de apoio e implicará partir o plinto e refazê-lo.



Figura 5.19: Base do aparelho de apoio enterrada no *grout* do plinto

Não é aconselhável qualquer tipo de tentativa de reparação deste tipo de anomalia exceto em caso de necessidade de substituição do aparelho de apoio. Por forma a evitar este tipo de anomalias deverá ser dada formação aos operários que fazem a execução das cofragens.

#### 5.4.8 PARAFUSOS DA CHAPA DE TRAVAMENTO PARTIDOS E CHAPAS DE TRAVAMENTO POR RETIRAR

É comum que, por ignorância ou descuido dos operários que montam os aparelhos de apoio, não se retirem as chapas de travamento (ver figura 5.20) ou então que estas se retirem com recurso a força, por exemplo, com um pé de cabra. Quando estas chapas não são retiradas no final da instalação, os parafusos são partidos pelo esforço de corte induzido pelo deslocamento do tabuleiro.

Apesar de esta anomalia não influenciar o funcionamento do aparelho de apoio, leva à oxidação das fêmeas onde se inserem os parafusos e ao consequente alastramento da oxidação ao resto do aparelho, como evidencia a figura 5.21.



Figura 5.20: Chapas de travamento por retirar



Figura 5.21: Parafusos da chapa de travamento partidos

Nestes casos é recomendável retirar os parafusos remanescentes, se possível, e limpar a zona degradada do aparelho de apoio, aplicando de seguida o procedimento de reparação de pintura e tapando os orifícios com silicone.

Esta anomalia é facilmente evitável. Basta retirar as chapas de travamento corretamente antes de a estrutura entrar em funcionamento.

#### 5.4.9 PONTEIRO DA ESCALA DE CONTROLO DE DESLOCAMENTOS DEFORMADO OU RETIRADO

O ponteiro de controlo de deslocamentos, por ser um elemento frágil, é muitas vezes deformado durante a instalação dos aparelhos de apoio e, no final, não é reposta a sua forma inicial, como pode ser visualizado na figura 5.22. Isto impossibilita uma correta monitorização dos deslocamentos do aparelho de apoio ao longo do tempo, inviabilizando o correto preenchimento das fichas de inspeção periódica e consequente falta de conhecimento da evolução do comportamento do aparelho de apoio e da obra de arte neste apoiada.



Figura 5.22: Ponteiro da escala de controlo de deslocamentos dobrada

Em alguns casos é possível colocar o ponteiro na sua posição inicial embora, na maioria dos casos, seja necessária a substituição dos ponteiros.

Estas anomalias seriam evitáveis com a sensibilização dos operários para a importância da monitorização dos deslocamentos dos aparelhos de apoio e com uma montagem dos ponteiros de controlo de deslocamentos apenas no fim da montagem do tabuleiro superior. Esta última medida é mais difícil de implementar, uma vez que consome mão-de-obra e tempo que, por norma, os empreiteiros não estão dispostos a dispensar.

#### 5.4.10 ESCALA DE DESLOCAMENTOS ILEGÍVEL OU RETIRADA

A escala de deslocamentos, que se encontra colada à cortina de neoprene anti poeiras dos aparelhos de apoio, muitas vezes ou não é legível por ter goma da betonagem do plinto superior, tal como ilustra a figura 5.20, ou então foi removida juntamente com a cortina de neoprene.

Durante as visitas a obras foi possível identificar dois motivos para a cortina de neoprene ser retirada. Num primeiro caso, as cortinas de neoprene são retiradas por ignorância dos operários para facilitar a

instalação dos aparelhos de apoio. Num segundo caso foi identificada a ordem do fiscal do dono de obra para retirar a cortina de neoprene para facilitar futuras inspeções, tal como evidencia a figura 5.24.

Nestes casos os elementos em falta devem ser corretamente repostos. Para evitar estas anomalias deve-se sensibilizar todos os intervenientes para a importância da correta leitura de deslocamentos da obra de arte e devem ser testados métodos de cofragem que não permitam a escorrência de goma para os aparelhos de apoio.



Figura 5.23: Escala de leitura de deslocamentos coberta com goma



Figura 5.24: Escala de leitura de deslocamentos ilegível e danificada

#### 5.4.11 PLACAS METÁLICAS DE AÇO INOX PARA O DESLIZAMENTO SALPICADAS COM *GROUT*

Por vezes acontece que, por falta de cuidado durante a execução dos plintos ou por falta da cortina anti poeiras, a chapa de inox fica com salpicos de *grout*, tal como evidencia a figura 5.25.

Esta anomalia leva a uma maior dificuldade do aparelho de apoio em sofrer deslocamentos, e pode conduzir a uma rápida danificação da placa de PTFE.

Quando esta anomalia, que pode ser evitada com a cortina de neoprene e com um maior cuidado de execução do plinto, é identificada deve ser imediatamente corrigida. Para isso, a placa de aço inox deve ser raspada e polida.



Figura 5.25: Placa de aço inox com salpicos de *grout*



#### 5.4.12 APARELHOS DE APOIO COM INDÍCIOS DE OXIDAÇÃO NAS ESQUINAS

Devido ao mau manuseamento durante o transporte, armazenamento e montagem, mas também devido aos grandes teores de humidade nos encontros e por vezes à falta da cortina de neoprene, os aparelhos de apoio começam a oxidar, como é possível ver na figura 5.26. Esta oxidação tem tendência para se alastrar debaixo da tinta, diminuindo assim a vida útil do aparelho de apoio.



Figura 5.26: Aparelho de apoio com oxidação nas esquinas

Nestes casos recomenda-se a aplicação do procedimento de reparação de pintura.

Esta anomalia pode ser evitada com um manuseamento dos aparelhos de apoio mais cuidado, e com uma sensibilização dos operários para esta questão.

#### 5.4.13 CHAPA DE IDENTIFICAÇÃO DO APARELHO DE APOIO ILEGÍVEL

A chapa de identificação dos aparelhos de apoio pode ficar ilegível por má orientação do aparelho de apoio ou por queda de *grout* dos plintos.

No primeiro caso, e apesar de nos aparelhos de apoio haver uma marcação com a indicação da orientação relativamente ao encontro, a chapa de identificação do aparelho de apoio pode ficar voltada para a carlinga impedindo assim a leitura das informações do aparelho de apoio, como se pode visualizar na figura 5.27. No caso documentado, como o aparelho de apoio era fixo, o facto de estar montado com a orientação errada não influencia o seu funcionamento, no entanto, se o aparelho for uni direcional ou multidirecional e não for montado com a orientação correta, o aparelho pode ser danificado com o movimento do tabuleiro.



Figura 5.27: Aparelho de apoio no eixo errado

No segundo caso, por descuido dos operários que montam a cofragem ou por descuido durante a betonagem dos plintos, há queda de goma do betão nas placas de identificação (ver figura 5.28). Esta situação impossibilita o reconhecimento futuro das características dos aparelhos de apoio.



Figura 5.28: Chapa de informação ilegível

Nestes casos, a chapa deve ser limpa, se possível, ou em alternativa deverá ser substituída. Esta situação pode ser evitada com a cortina de neoprene e com uma verificação da correta posição relativa do aparelho, antes da betonagem.

#### 5.4.14 APARELHOS DE APOIO COM GRANDE QUANTIDADE DE ÁGUA CONDENSADA

Por má instalação da tela nas juntas de dilatação, por falta de limpeza do escoamento de águas dos encontros ou por falta de arejamento devido ao desenho do encontro, verifica-se um aumento do teor da humidade no encontro e consequentemente condensação nos aparelhos de apoio, como pode ser visualizado na figura 5.29. Apesar de a condensação não ser uma anomalia por si, esta aumenta a velocidade de oxidação dos elementos metálicos dos aparelhos de apoio, contribuindo para a redução da sua vida útil.



Figura 5.29: Aparelho de apoio com água condensada



Figura 5.30: Acumulação de água no encontro

Nestes casos, os escoamentos do encontro e os aparelhos de apoio devem ser limpos e devem ser identificadas as partes oxidadas destes, procedendo-se à aplicação do procedimento de reparação de pintura.

#### Proposta de melhoria

No sentido de evitar esta anomalia, e uma vez que a limpeza e forma do encontro não são questões controláveis pelo instalador dos aparelhos de apoio ou das juntas de dilatação, foi estudada uma solução para resolver a falta de eficiência atual da tela da junta de dilatação.

Durante a visita às obras expostas em 5.1 foi possível constatar que, apesar de haver algumas escorrências nas paredes dos encontros devido a má vedação entre a tela e a mesa onde assenta o módulo da junta, esta não é a causa do problema mas sim a descontinuidade da tela nos limites da estrada. Esta descontinuidade faz com que, devido à sobrelevação da estrada, toda a água que cai entre o último sumidouro e a junta seja encaminhada para o encontro.

Para solucionar esta questão foram feitos ensaios em estaleiro para ligação da tela a uma caleira com um tubo de PVC que conduziria as águas para fora do encontro. No entanto esta solução foi descartada. Primeiro porque a tela não oferece condições para fazer uma vulcanização de qualidade, o que implicaria a utilização de colas que levariam à rotura do material da tela ao fim de pouco tempo. Em segundo lugar, a colocação de tubos de PVC implica a furação do betão do encontro pelo que seria necessário pedir autorização à obra e, por último, a grande quantidade de detritos que costuma ser encontrado nas telas ao fim de pouco tempo de utilização da estrada conduziria rapidamente à obstrução desta.

Assim, foi sugerida a aplicação de uma segunda tela sob a tela principal desde o limite da estrada até ao fim do encontro. Após implementação e teste desta solução, e tendo verificado o seu êxito na solução do problema em questão, a MEEC-PE adotou esta solução como passo obrigatório na instalação das juntas de dilatação em neoprene armado.



Figura 5.31: Telas instaladas no extremo do encontro



Figura 5.32: Ensaio da tela instalada

#### 5.4.15 BORRACHA ANTI POEIRAS ENTRE PANELA E BASE SUPERIOR PARCIAL OU TOTALMENTE RETIRADA

Por mau manuseamento dos aparelhos de apoio, durante a instalação, pode acontecer que a borracha que protege a placa de PTFE e o pistão do aparelho seja parcialmente ou totalmente retirada (ver figura 5.29), deixando estes elementos desprotegidos e contribuindo para uma diminuição da vida útil do aparelho de apoio.



Figura 5.33: Borracha anti poeiras entre panela e base superior parcialmente retirada

Nestes casos, deve ser retirada a borracha remanescente e colocada uma nova. Deve também ser feita uma sensibilização dos operários para evitar este tipo de anomalia.

#### 5.4.16 GOMA NOS COMPONENTES DO APARELHO DE APOIO

Por má execução da cofragem do plinto superior, dificultada por vezes pela forma geométrica irregular da base superior, ocorrem escorrências de goma do betão para o aparelho de apoio e respectivos

componentes: paredes da base, panela, parafusos, intervalo entre a panela e o prato. Isto leva à degradação da tinta dos aparelhos, dos parafusos que fixam o aparelho aos plintos e à ilegibilidade das chapas informativas.



Figura 5.34: Aparelho de apoio com goma

Nestes casos, recomenda-se a limpeza dos aparelhos de apoio com jato de água e aplicação do procedimento de reparação de pintura. Esta anomalia pode ser atenuada com a limpeza do aparelho de apoio no final da betonagem.

#### 5.4.17 DEFORMAÇÃO DE COMPONENTES DO APARELHO DE APOIO

Apesar de não ser uma anomalia corrente, pode acontecer que elementos do aparelho de apoio se deformem, tal como ilustram as figuras 5.31 a 5.33.

Este caso teve origem na falta de travamento transversal da viga durante a execução da obra, o que permitiu um deslocamento do tabuleiro maior que o previsto, neste caso de 20cm. Este deslocamento levou à deformação do prato superior do aparelho de apoio, à deformação da almofada de neoprene e à rotura dos anéis da contenção.

Esta anomalia não tem solução. Nestes casos, tem de ser feita a substituição dos elementos deformados com recurso ao levantamento do tabuleiro. Sendo uma anomalia que põe em risco não só a segurança dos operários como o investimento, uma vez que pode haver tombamento do tabuleiro, deve ser sempre feita, durante a obra, uma verificação cuidadosa do travamento das vigas.





Figura 5.35: Rotura do aparelho de apoio



Figura 5.36: Neoprene deformado e anéis de contenção partidos



Figura 5.37: Prato superior deformado

# 6

## CASOS DE ESTUDO JUNTAS DE DILATAÇÃO

### 6.1 OBJETO E ÂMBITO

As juntas de dilatação, contrariamente aos aparelhos de apoio, são habitualmente instaladas por equipas especializadas pelo que, normalmente, as suas anomalias não são decorrentes de erros de instalação ou manuseamento mas sim por desgaste ao longo do tempo. *“A grande maioria das anomalias nas juntas de dilatação, não sendo grave, provoca no entanto uma situação de incomodidade para os condutores. Ressaltos, ruído excessivo ou falta de aderência são exemplos desse desconforto.”*(Lima, J.M., 2006)

As anomalias apresentadas no presente capítulo são referentes a casos de estudos efetuados em diferentes estradas do país e com diferentes tipos e marcas de juntas de dilatação, e resultam de beneficiações de reabilitação que a MEEC-PE executou.

### 6.2 BREVE DESCRIÇÃO DAS OBRAS ESTUDADAS

Dos casos estudados relativos a juntas de dilatação apresentados, só parte fazem referência a obras de arte construídas pela MEEC. Por este motivo, e uma vez que se desconhece as características das obras de arte em que as anomalias foram identificadas, apenas se faz uma breve descrição das várias obras em que as juntas estudadas se inserem.

Na concessão do Pinhal Interior, foram estudados quatro casos: Caso 1 - Ponte sobre a Ribeira de Flor da Rosa - Lote 2; Caso 2 - Viaduto sobre a Ribeira de Braçais - Lote 3 (características apresentadas no Capítulo 5.2); Caso 3 - Ponte sobre o Rio Ocreza - Lote 7 e Caso 4 - Passagem Superior 5 - Lote 10. Parte das anomalias destes casos são anteriores ao início da elaboração da presente tese, pelo que não foi possível obter todos os dados.

Os Casos 5 e 6 correspondem a anomalias identificadas durante beneficiações na A7.

No Caso 5, manutenção de juntas de dilatação no sublanço Selho / Fafe da A7, foram estudadas as seguintes obras de arte: Viaduto de Calvos, Viaduto de Ínsuas, Viaduto de Nespereira, PI1 e PI2, Viaduto sobre o Rio Cabra, Viaduto sobre o Rio Ferro e Viaduto do Selho.

No caso 6, manutenção da PS Km 20+100 do Sublanço Famalicão / Vila do Conde da A7, foi estudada a Passagem Superior ao Km 20+100.

### **6.3 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO INSTALADAS**

#### **CASO 1: PONTE SOBRE A RIBEIRA DE FLOR DA ROSA – LOTE 2 - PINHAL INTERIOR**

Na Ponte sobre a Ribeira de Flor da Rosa foi aplicada uma junta de dilatação em elastómero armado da marca Agom, modelo AGFLEXJ com uma amplitude máxima de 330 mm.

#### **CASO 2: VIADUTO SOBRE A RIBEIRA DE BRAÇAIS**

No Viaduto sobre a Ribeira de Braçais foi aplicada uma junta de dilatação em elastómero armado da marca Agom, modelo AGFLEXJ com uma amplitude máxima de 400 mm

#### **CASO 3: LOTE 7: PONTE SOBRE O RIO OCREZA – PINHAL INTERIOR**

Na Ponte sobre o Rio Ocreza foi aplicada uma junta de dilatação pré-fabricada em elastómero armado da marca Agom, modelo AGFLEXJ com uma amplitude máxima de 330 mm.

#### **CASO 4: PS5 LOTE 10 – PINHAL INTERIOR**

Na Passagem Superior Cinco do Lote 10 do Pinhal Interior foi aplicada uma junta de dilatação em elastómero armado da marca Agom, modelo AGFLEXJ com um deslocamento máximo de 80 mm.

#### **CASO 5: MANUTENÇÃO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO NO SUBLANÇO SELHO / FAFE DA A7**

Neste caso de estudo foram encontrados vários tipos de juntas e de vários modelos. Juntas de elastómero armado para pequenos deslocamentos, e para médios deslocamentos e juntas de elastómero compostas, da marca Alga, para grandes deslocamentos.

#### **CASO 6: PS KM 20+100 DO SUBLANÇO FAMALICÃO / VILA DO CONDE DA A7**

No Caso 6 foi identificada uma junta de dilatação com uma banda flexível de elastómero entre cantoneiras. Habitualmente estas juntas de dilatação são utilizadas para deslocamentos máximos até 100 mm.

Apresenta-se no anexo III a lista de anomalias relativas a estes casos.

### **6.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ANOMALIAS NAS JUNTAS DE DILATAÇÃO**

#### **6.4.1 FISSURAÇÃO TRANSVERSAL DO BETUMINOSO**

A fissuração transversal do pavimento, assim como os ressaltos na zona das juntas de dilatação, por norma não está associada a nenhuma anomalia na junta de dilatação mas sim a assentamentos sofridos pelos aterros adjacentes ou por defeito da laje de transição, como representa esquematicamente a figura 6.2.



Esta anomalia cria desconforto para o utente da via além de que aumenta a permeabilidade do pavimento, permitindo a infiltração de água, tanto no encontro como na laje de transição, e pode causar corrosão nas armaduras do betão de forma não controlada.



Figura 6.1: Fissura longitudinal no betuminoso.

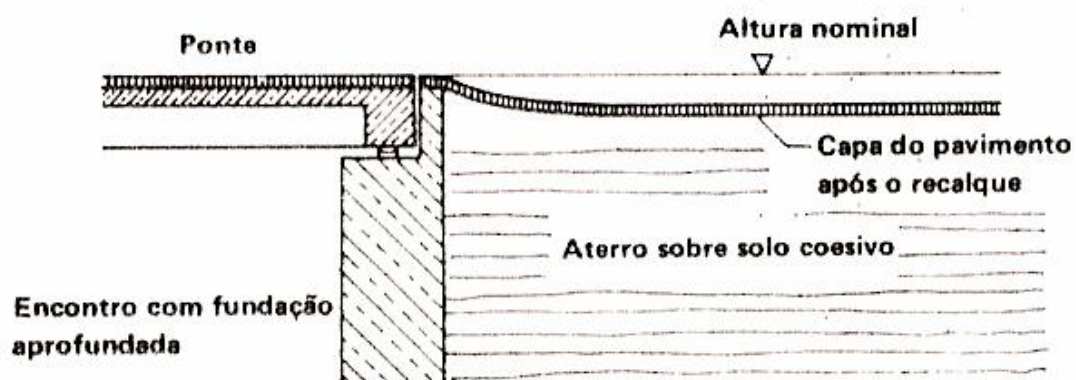


Figura 6.2: Esquema de assentamento de aterro junto a encontro (Leonhardt, 1979)

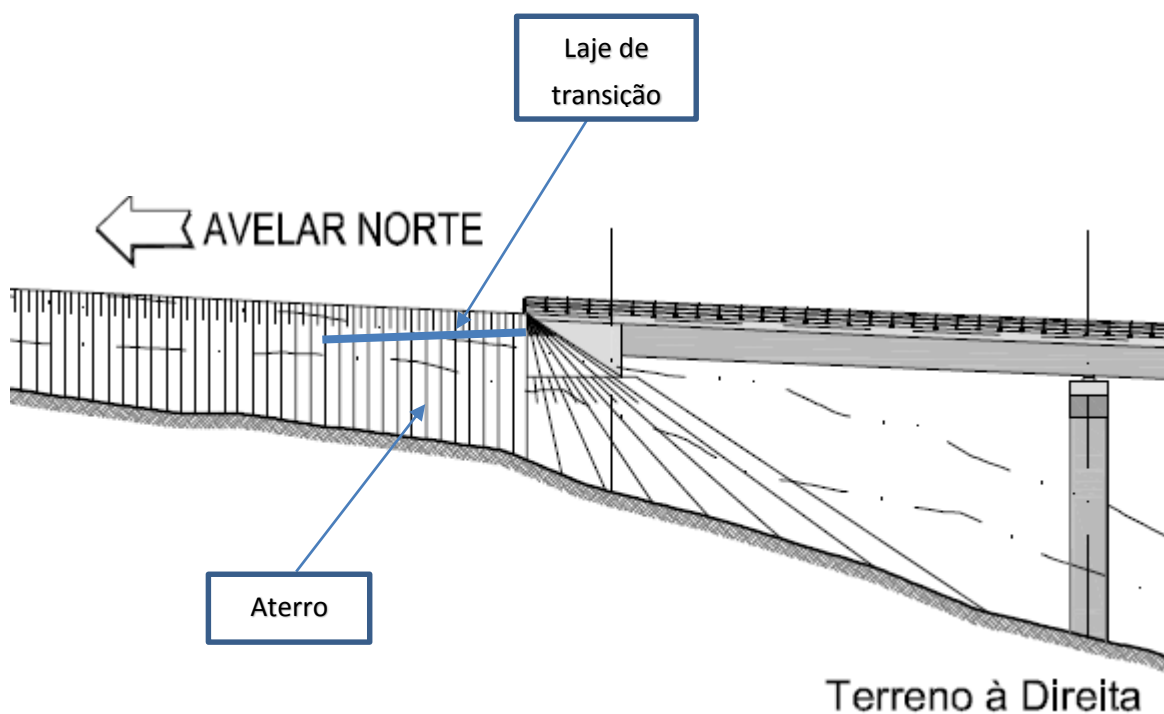


Figura 6.3: Representação esquemática em corte do aterro e laje de transição

Em casos em que o ressalto não é significativo, a reparação desta anomalia é feita, depois de se avivar a fissura e de a limpar com ar comprimido, preenchendo-a com material betuminoso selante vertido a quente. Nos casos em que o ressalto causa grande desconforto ao utente e possa até apresentar perigo para os utilizadores de motociclos, é necessária a intervenção localizada de uma equipa de pavimentações.

Uma vez que esta anomalia depende muito da compacidade do aterro, pode ser evitada ou minimizada através da aplicação de aterros de melhor qualidade e mais controlados.

#### 6.4.2 AFASTAMENTO DO BETUMINOSO DA BANDA DE TRANSIÇÃO

O afastamento do betuminoso da banda de transição tem causas semelhantes à anomalia anteriormente exposta, com diferença apenas na consequência. Enquanto que na anomalia anterior o assentamento da laje de transição ou do aterro de transição originava uma fissura transversal, neste caso há uma separação entre a banda de transição e o betuminoso, como se pode visualizar na figura 6.4.



Figura 6.4: Afastamento do betuminoso da banda de transição

Esta anomalia cria uma entrada de água no encontro da obra de arte e pode causar corrosão nas armaduras do betão de forma não controlada.

Habitualmente esta anomalia é corrigida com recurso ao preenchimento do espaço vazio com material betuminoso selante vertido a quente, tal como no primeiro caso.

A ação preventiva passa também por um melhor controlo das características do aterro e pela correta colocação de um ponto de união entra a banda de transição e o pavimento.

#### 6.4.3 DETERIORAÇÃO DA BANDA DE TRANSIÇÃO

A grande maioria das patologias encontradas nas juntas de dilatação verificam-se nas bandas de transição entre o pavimento e a junta de dilatação uma vez que, à exceção das juntas de dilatação moldadas in situ, como por exemplo as juntas de betume modificado, todas as juntas necessitam deste elemento de ligação ao pavimento. Como as bandas de transição são elementos de pouca espessura e largura, e uma vez que só estão solidários com o pavimento e com o betão através de uma resina epóxi, estão sujeitas a grandes tensões e impactos, que com o tempo resulta na abertura de fissuras, no destaque de material e em alguns casos na ausência completa da banda de transição.

A deterioração da banda de transição entre o betuminoso e a junta de dilatação pode ter diversas causas sendo que as identificadas com mais frequência foram: maus cuidados na reparação do pavimento adjacente, abertura do tráfego imediatamente após a finalização da instalação das bandas e o desgaste criado com o tempo de utilização.

Após um estudo mais cuidadoso, foi também possível concluir que, por dificuldades de execução, a banda de transição que deveria ser executada até ao betão do encontro, é só apoiada na mesa da junta de dilatação ficando apenas com a espessura do módulo da junta. Assim, quando submetida a cargas por impacto dos veículos, por ações térmicas e de movimento da junta, a banda de transição têm tendência a fissurar e a destacar-se da mesa de apoio.



Figura 6.5: Banda de transição deteriorada com pavimento adjacente parcialmente reparado

A deterioração da banda de transição além de criar algum desconforto para o utente da via, pode levar à projeção de partículas destacadas. Além disso, a exposição dos elementos laterais da junta ao impacto do tráfego leva à aceleração da danificação dos seus materiais.

Nestes casos, é corrente fazer a substituição parcial da banda de transição nas zonas afetadas. A formação dos operários que efetuam os trabalhos de manutenção dos pavimentos e a sensibilização das concessionárias para as consequências da abertura do trânsito imediatamente após a instalação da junta poderá ajudar a diminuir a frequência desta anomalia.

#### Proposta de melhoria

No sentido de prevenir a fissuração da banda de transição é proposta a armação da banda de transição recorrendo à aplicação horizontal de uma armadura com 4mm de diâmetro e com uma abertura de malha quadrada de 5cm, como é possível observar na figura 6.6.



Figura 6.6: Armação horizontal de reforço da banda de transição

Para prevenir o destacamento da banda de transição da mesa de apoio, foi proposta a aplicação da mesma malha eletrossoldada, mas na posição vertical, para que possa fazer um ponto de união entre a mesa e a banda de transição.

Para aplicação da rede vertical, depois de feitos vários ensaios, conclui-se que a forma de aplicação mais eficaz consiste na execução de um corte na mesa com cerca de 1 cm de largura onde depois é introduzida a malha electrossoldada e solidarizada com a mesa através do produto de ponto de união.



Figura 6.7: Armadura de ligação entre a mesa e a banda de transição

#### 6.4.4 DETERIORAÇÃO OU AUSÊNCIA DO PREENCHIMENTO DOS NEGATIVOS DOS PARAFUSOS

A deterioração ou ausência do preenchimento dos negativos dos pernos de fixação (ver figura 6.8), por vezes por falta de qualidade do material utilizado no preenchimento dos negativos dos parafusos, ou



pelo facto de a vida útil do material aplicado já ter sido ultrapassada, leva à oxidação destes elementos de fixação da junta de dilatação à obra de arte, facilitando assim a sua rotura por corte.

Quando identificada esta anomalia, deve ser retirado o produto de selagem remanescente e deve ser refeita a selagem dos negativos dos parafusos.



Figura 6.8: Ausência do preenchimento dos negativos dos parafusos

Uma vez que é conhecida a vida útil deste tipo de material, a inspeção periódica das juntas e consequente manutenção, deverá diminuir a frequência desta anomalia.

#### 6.4.5 FALTA DE ELEMENTOS DE FIXAÇÃO

A falta de elementos de fixação tem como principais causas a saída da fêmea por vibração e pelo impacto provocado pelos veículos nos módulos das juntas de dilatação e, outras vezes, por corrosão da rosca dos pernos, principalmente em módulos metálicos em que os pernos não estão protegidos pelo produto de preenchimento dos negativos.

A falta de elementos de fixação permite maior movimento dos módulos das juntas de dilatação, contribuindo assim para uma maior degradação dos materiais da junta e da respetiva banda de transição.



Figura 6.9: Falta de elemento de fixação

No caso de se verificar a falta de selante nos negativos dos parafusos, é corrente proceder-se à verificação do aperto de todos os pernos e, no caso de falta de fêmeas de fixação deve-se proceder à colocação de novas fêmeas. Na eventualidade de os pernos se encontrarem corroídos e a fêmea não aderir ao perno, este deverá ser substituído.

#### 6.4.6 DEFORMAÇÃO DA JUNTA DE DILATAÇÃO

A deformação da junta de dilatação pode estar associada a várias causas, nomeadamente: à deformação ou rotura da mesa de apoio da junta, à rotura do próprio módulo da junta, ou ainda à rotura dos pernos que fazem a ligação entre a junta e o betuminoso.

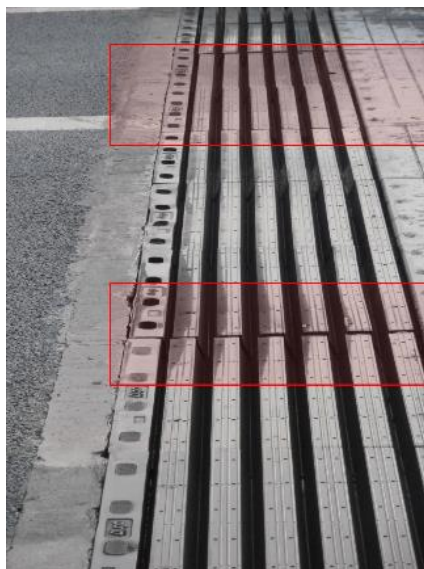


Figura 6.10: Deformação da junta de dilatação

Além de a junta não funcionar como previsto, a sua deformação contribui para uma maior degradação dos materiais da junta e dos elementos da obra de arte aos quais esta se associa. Quando esta anomalia é identificada devem ser tomadas medidas corretivas em função da sua causa, que pode passar pela

substituição integral de um módulo da junta, pela reparação da mesa onde a junta é apoiada ou pela colocação de novos pernos de fixação.

A fiscalização periódica das juntas de dilatação ajuda a identificar estas situações mais precocemente, permitindo fazer ações corretivas antes de haver danos permanentes na junta.

#### 6.4.8 DESTAQUE DE MATERIAL DA JUNTA DE DILATAÇÃO

Dado que as juntas de dilatação são elementos de desgaste, quando não é respeitado o seu período de vida útil, começam a apresentar indícios de desgaste, tal como é possível visualizar na figura 6.11.

O desgaste progressivo e exagerado das juntas de dilatação, além de conduzir à oxidação dos elementos da junta e à projeção de partículas destacadas, faz com que esta perca as suas características de resistência e de aderência podendo originar acidentes de tráfego.



Figura 6.11: Destaque de material da junta de dilatação

Nestes casos, a substituição do módulo danificado por um módulo novo é imperativa. Por vezes, por questões de redução de custos, as concessionárias fazem a substituição do módulo ferido por um módulo da berma da estrada que, por não ser uma zona de tráfego, não tem um nível de desgaste tão elevado.

Mais uma vez a fiscalização é necessária para prevenir este tipo de situações.



#### 6.4.9 OXIDAÇÃO DOS ELEMENTOS METÁLICOS DA JUNTA

As juntas de dilatação compostas, que combinam elementos de neoprene armado e elementos metálicos, com o desgaste provocado pela sucessiva passagem de veículos vão perdendo as características do tratamento anticorrosivo dos elementos metálicos e começam a oxidar (ver figura 6.12). Apesar de, por norma, esta anomalia não comprometer o funcionamento da junta de dilatação, contribui para a diminuição da sua vida útil.



Figura 6.12: Elementos metálicos da junta de dilatação oxidados

Em casos de oxidação, recomenda-se a reaplicação de um tratamento anticorrosivo aos elementos metálicos e, em casos em que as características da junta de dilatação como a aderência sejam postas em causa, recomenda-se a substituição dos módulos metálicos.

#### 6.4.9 DESNÍVEL ENTRE BETUMINOSOS E BANDA DE TRANSIÇÃO DEVIDO A REPAVIMENTAÇÕES

Por vezes, depois de as equipas de pavimentação terminarem um trabalho de reabilitação do pavimento, não é feita nenhuma adaptação do pavimento à junta de dilatação já instalada, criando-se assim um desnível entre o pavimento e a junta. Este desnível, além de criar desconforto ao utente da via, provoca degradação do pavimento instalado por constante choque dos veículos (figura 6.13).



Figura 6.13: Desnível entre betuminosos e banda de transição devido a repavimentações

Nestes casos, a banda de transição deve ser refeita e adaptada às características do novo pavimento.

Esta anomalia é evitável com uma equipa de reabilitação de juntas de dilatação associada aos trabalhos de reabilitação de pavimentos.

#### 6.4.10 PAVIMENTO BETUMADO POR CIMA DE JUNTA DE DILATAÇÃO

Outra anomalia decorrente da reabilitação do pavimento é a pavimentação por cima da junta de dilatação, como evidencia a figura 6.14. Esta anomalia acontece quando, por vezes, são feitos trabalhos de reabilitação de pavimentos sem antes retirar a camada anteriormente pavimentada. Acontece que é criada uma diferença de cotas entre a junta de dilatação e o pavimento, que só seria compensada com a subida de cota da junta. Como muitas vezes há prazos a cumprir, as equipas de pavimentação optam por pavimentar por cima da junta de dilatação já existente.

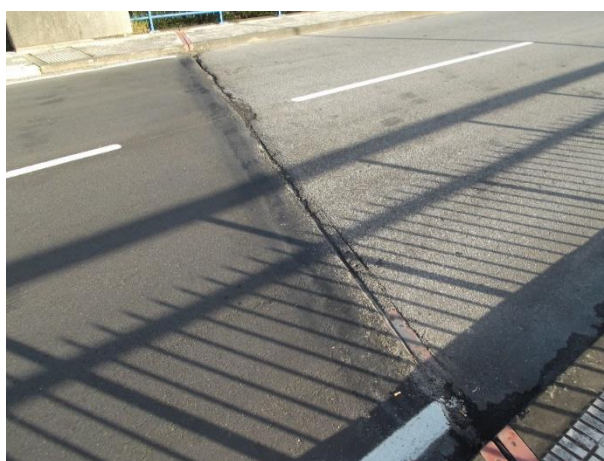


Figura 6.14: Pavimento colocado por cima de junta de dilatação

Além de danificar a junta, a camada de pavimento que fica por cima desta não está preparada para sofrer deslocamentos, levando assim o pavimento a começar a fissurar e mais tarde a destacar-se da junta.

Nestes casos recomenda-se uma de duas opções: ou se aproveita a junta existente que é retirada e nivelada com o pavimento, ou então opta-se por instalar uma nova junta, por exemplo, de betume modificado.

A fiscalização das obras de reabilitação por uma empresa externa poderá ajudar a evitar este tipo de anomalias.

#### 6.4.11 LOMBA CRIADA PELO EXCESSO DE PRÉ-COMPRESSÃO

Em obras de arte de dimensões consideráveis, em que fenómenos como a retração e a fluência do betão têm uma influência considerável no comportamento da ponte num período inicial, é habitual pré-comprimir as juntas de dilatação para que, no final da ocorrência desses fenómenos, as juntas não estejam demasiado abertas.

Pode acontecer que, por erro de cálculo por parte do projetista de estruturas ou por erro de fábrica, seja dada uma pré-compressão exagerada à junta, fazendo com que esta crie uma lomba, como é possível constatar na figura 6.15.



Figura 6.15: Junta de dilatação com lomba criada pelo excesso de pré-compressão

Esta lomba, além de criar desconforto aos utentes da via, coloca os módulos da junta, os pernos de fixação e as bandas de transição em grande tensão, acelerando a velocidade de degradação destes elementos.

Quando identificadas estas anomalias, deverá ser calculada uma nova pré-compressão para a junta. De seguida esta deve ser retirada, descomprimida e recolocada, substituindo os pernos de fixação e as bandas de transição.



## 7

## APLICAÇÃO WEBMOBILE

## 7.1 INTRODUÇÃO

As anomalias registadas relativamente a aparelhos de apoio, descritas no Capítulo 5, têm como principais causas o manuseamento descuidado, a incorreta instalação dos aparelhos de apoio, e ainda a falta de cuidado no manuseamento de outros materiais nas imediações destes, contribuindo para a sua degradação (ver figura 7.1).

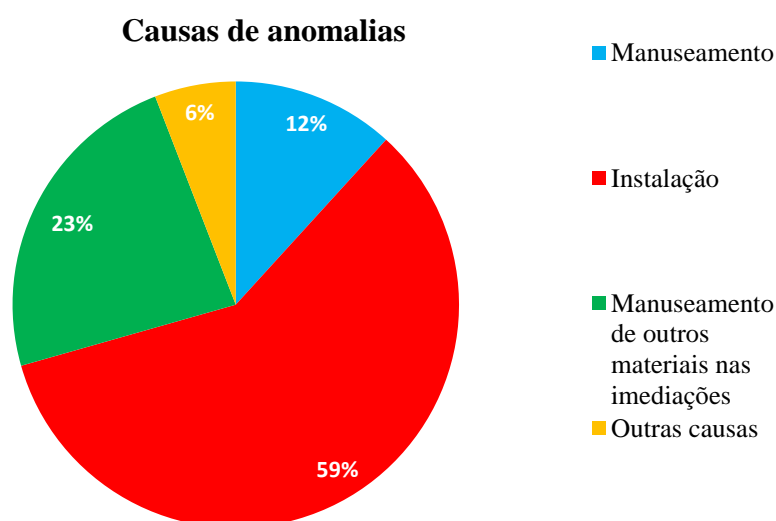


Figura 7.1: Gráfico com principais causas de anomalias em aparelhos de apoio

Por sua vez, as causas apresentadas têm origem:

- Na falta de conhecimento dos procedimentos de realização dos trabalhos, tanto por parte dos operários que os executam como por parte das chefias que supervisionam;
- Na falta de consciência da importância da função dos aparelhos de apoio como elemento estrutural e das consequências do seu mau funcionamento.

Parte destas causas devem-se também ao facto de os manuais de instalação e manuseamento serem demasiado técnicos e extensos e, muitas vezes, não serem fornecidos aos operários instaladores nem às suas chefias, apesar de estes serem sempre fornecidos pela MEEC-PE à obra.

Relativamente às juntas de dilatação, por serem elementos instalados por equipas especializadas, as suas anomalias são habitualmente de desgaste e não por deficiente manuseamento ou instalação, tal como exposto no Capítulo 6.

Apesar disso, uma vez que a responsabilidade de manutenção só passa do instalador para a concessionária ao fim de cinco anos, é habitual haver falta de inspeção e consequente falta de manutenção das juntas de dilatação nesse período, sendo que só ao fim de cinco anos, quando o instalador passa a responsabilidade de manutenção para a concessionária é que esta faz a inspeção e necessária manutenção. Por este motivo, por vezes as juntas de dilatação degradam-se mais do que o espectável.

## 7.2 OBJETIVO

Tendo em conta o exposto anteriormente, tornou-se um objetivo claro do desenvolvimento desta tese desenvolver uma metodologia que:

- Evite erros construtivos e diminua as anomalias decorrentes destes;
- Melhore a eficiência dos processos construtivos;
- Melhore a comunicação entre os vários intervenientes ao longo de todo o processo.

Com vista a desenvolver estes objetivos, numa primeira fase de desenvolvimento da presente dissertação, foi pensada a elaboração de formulários com *checklists* que simplificassem o conteúdo dos manuais e ajudassem a evitar deficiências no manuseamento e instalação dos elementos em causa e conseguinte inspeção.

Uma vez que estes documentos em formato de papel têm tendência a não serem preenchidos no momento, mas sim todos em conjunto no final do dia ou antes da entrega dos documentos, e uma vez que muitas vezes se perdem impossibilitando o seu tratamento centralizado e a sua utilização a nível internacional, foi pensada uma solução mais abrangente e que evitasse a perda de informação e consequente desresponsabilização dos empreiteiros, fiscais e operários.

Assim, no sentido de combater os problemas expostos de um modo inovador, simples e intuitivo para todos os intervenientes, desenvolveu-se um projeto de uma aplicação *webmobile* para computador, telemóvel e *tablet* (ver figura 7.2).

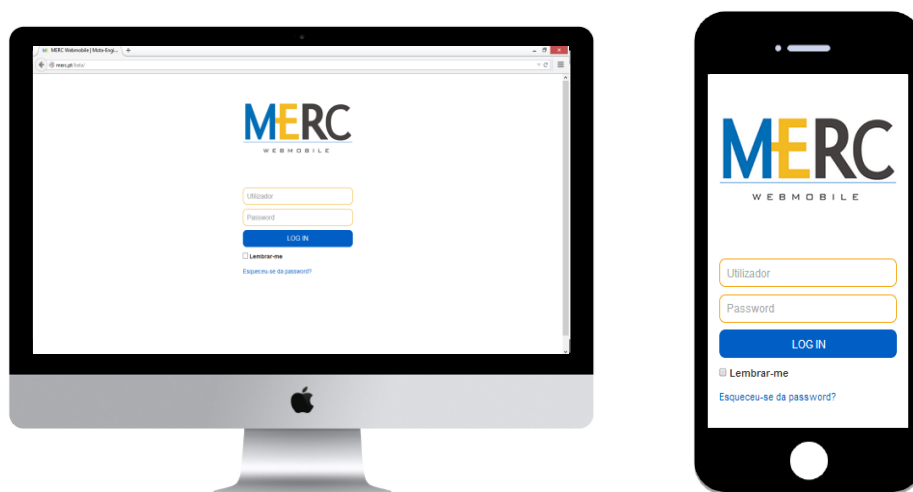


Figura 7.2: Vista inicial do website

De um modo geral, o que se pretende com esta aplicação é:

- Apoiar a instalação e a inspeção dos aparelhos de apoio e juntas de dilatação;

- Identificar as necessidades de manutenção dos equipamentos;
- Criar e manter uma base de dados centralizada com todos os projetos, aparelhos de apoio, juntas de dilatação;
- Permitir a rastreabilidade dos produtos.

Esta aplicação também permite melhorar a qualidade, o controlo dos produtos e a gestão de processos, além de que possibilita o acompanhamento em obra sem necessidade de deslocação de meios humanos.

Outro objetivo desta aplicação é diminuir os custos da MEEC-PE em fase de assistência em garantia e responsabilizar o empreiteiro geral na execução das suas funções, uma vez que o contrato de garantia é considerado inválido se a instalação ou as inspeções e consequentes manutenções obrigatórias não forem efetuadas.

Do ponto de vista dos empreiteiros gerais e dos donos de obra, este projeto revela-se vantajoso uma vez que permite um acesso remoto e imediato a toda a informação relativa aos equipamentos instalados, assim como aos projetos que integram e respetivos dados de instalação e manutenção, facilitando assim o trabalho dos fiscais tanto em obra como em período de manutenção.

Finalmente, este projeto permite a diferenciação das empresas concorrentes tornando o departamento de Pré-Esforço mais competitivo e mais sustentável.

### **7.3 APP WEBMOBILE**

#### **7.3.1 CONSTITUIÇÃO DA APLICAÇÃO**

De modo a responder aos objetivos acima descritos é necessário planear os elementos constituintes da aplicação para que esta seja de simples utilização e ao mesmo tempo cumpra todas as funcionalidades pretendidas.

Após a consulta de alguns documentos na área da programação, concluiu-se que, apesar de à primeira vista poder parecer que o projeto em questão consiste na criação de um *website* configurado para telemóvel (*webmobile*), este, apesar de essencial, é só a ferramenta que permite de forma intuitiva gerir uma complexa base de dados que conjuga e trata toda a informação incluída neste processo, que vai desde a adjudicação de uma obra, à manutenção durante a vida útil dos equipamentos em questão.

De modo a facilitar o processo de inserção e consulta de dados tanto por parte dos usuários em gabinete como dos usuários em obra, optou-se por dividir a interface da aplicação em duas componentes:

- Um *website* para utilização em gabinete pela área de negócio de Pré-Esforço da Mota-Engil, onde são caracterizados os projetos das obras de arte e os respetivos aparelhos de apoio e juntas de dilatação a instalar;
- Um *website* configurado para *smartphones* e *tablets* (*webmobile*), para utilização pelos responsáveis de obra e donos de obra, aquando da instalação, inspeção e manutenção dos aparelhos de apoio e juntas de dilatação.

O esquema representado pela figura 7.3 pretende ilustrar a conceção geral da aplicação descrita.

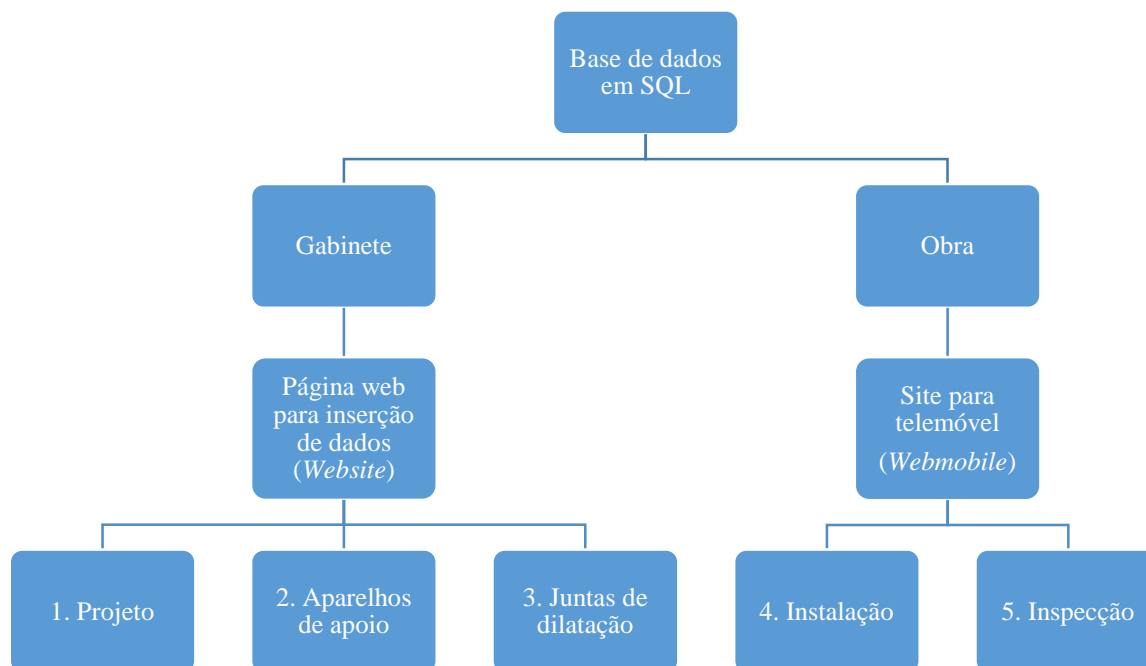


Figura 7.3: Esquema genérico da constituição do projeto

### 7.3.2 CONFIGURAÇÃO DA APLICAÇÃO

#### A) BASE DE DADOS

Atualmente, as bases de dados utilizadas para criar *websites* são escritas numa linguagem de consulta estruturada para bases de dados relacionais chamada SQL (*Structured Query Language*) que se associa a um sistema de gestão que permite consultar e alterar a informação.

Estas bases de dados baseiam-se fundamentalmente em dois modelos: o modelo entidade-associação e o modelo relacional.

O primeiro consiste num modelo abstrato e conceptual representativo dos dados, e corresponde à visão da base de dados do ponto de vista do programador. As entidades são os objetos ou conceitos contemplados no projeto, por exemplo, obra, projeto, aparelho de apoio, junta de dilatação (Silberschatz, A., 2006).

As associações representam interações entre duas entidades, por exemplo:

- Uma obra tem vários projetos;
- Um projeto tem vários aparelhos de apoio e juntas de dilatação;
- Um aparelho de apoio pode ter instalação, inspeção ou manutenção.

Cada entidade tem uma série de atributos, por exemplo, um projeto tem: um nome, uma localização, um nº de aparelhos de apoio, um nº de juntas de dilatação.

Tendo o modelo entidade-associação definido é necessário definir o modelo relacional. O modelo relacional é um modelo subadjacente ao sistema de gestão de bases de dados, que funciona através de um conjunto de relações (representado através de tabelas) e um conjunto de restrições (Silberschatz, A.,



2006). Este modelo consiste na criação de uma tabela para cada entidade, ver tabelas 7.1 e 7.2, em que as colunas correspondem aos seus atributos, por exemplo:

Tabela 7.1: Tabela relacional para a entidade projeto

ID_Projeto	Nome	Localização	Nº Aparelhos de apoio	Nº de Juntas de Dilatação
------------	------	-------------	-----------------------	---------------------------

Tabela 7.2: Tabela relacional da identidade aparelho de apoio

ID_ AA	Marca	Modelo	Nº encomenda	Data fabricação	Localização
--------	-------	--------	--------------	-----------------	-------------

Por motivos de confidencialidade optou-se por não divulgar o documento elaborado com toda a informação da base de dados e respetivos modelos. Por este motivo apresenta-se abaixo um esquema com a estrutura da base de dados com especial desenvolvimento no caso dos aparelhos de apoio:

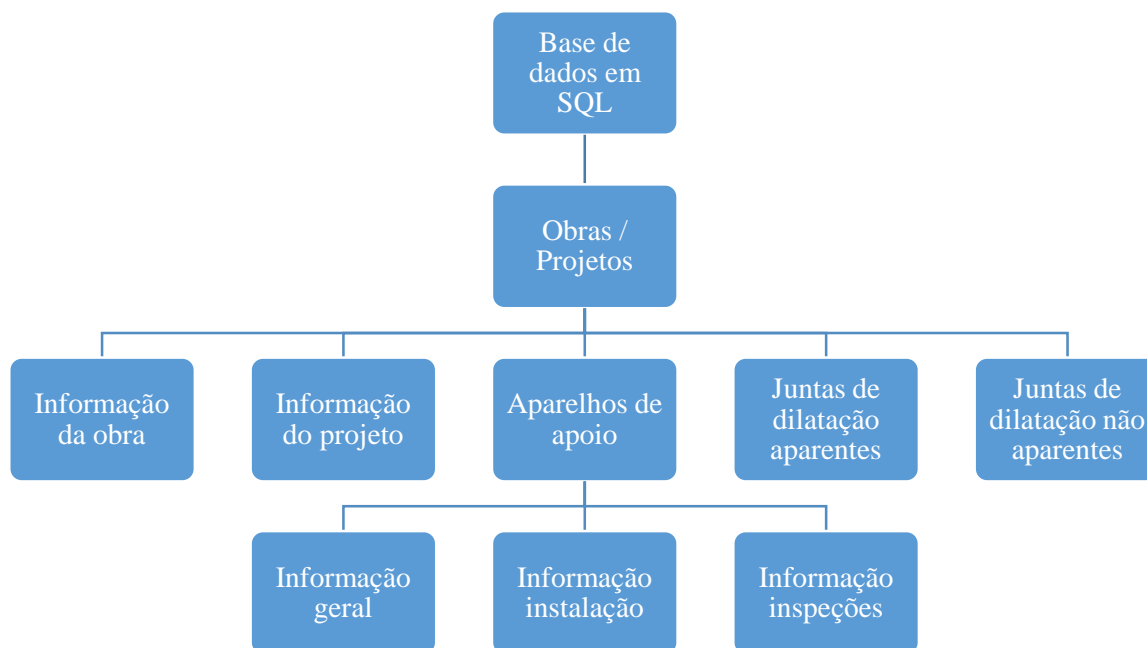


Figura 7.4: Esquema genérico da estrutura da base de dados

Feita a definição dos modelos acima descritos, com todos os seus componentes de forma a permitir uma programação sem falhas de informação, foi pensada a configuração da aplicação do ponto de vista do usuário.

Tendo definido a base de dados, o seu modelo entidade-associação e o seu modelo relacional, a sua linguagem e organigrama, é agora necessário conhecer bem todos os processos que a aplicação pretende gerir e melhorar, para depois definir as funções e o modo de funcionamento de cada um dos componentes e interfaces. O fluxograma da figura 7.5 pretende mostrar qual a ordem de acontecimentos de todo o processo.

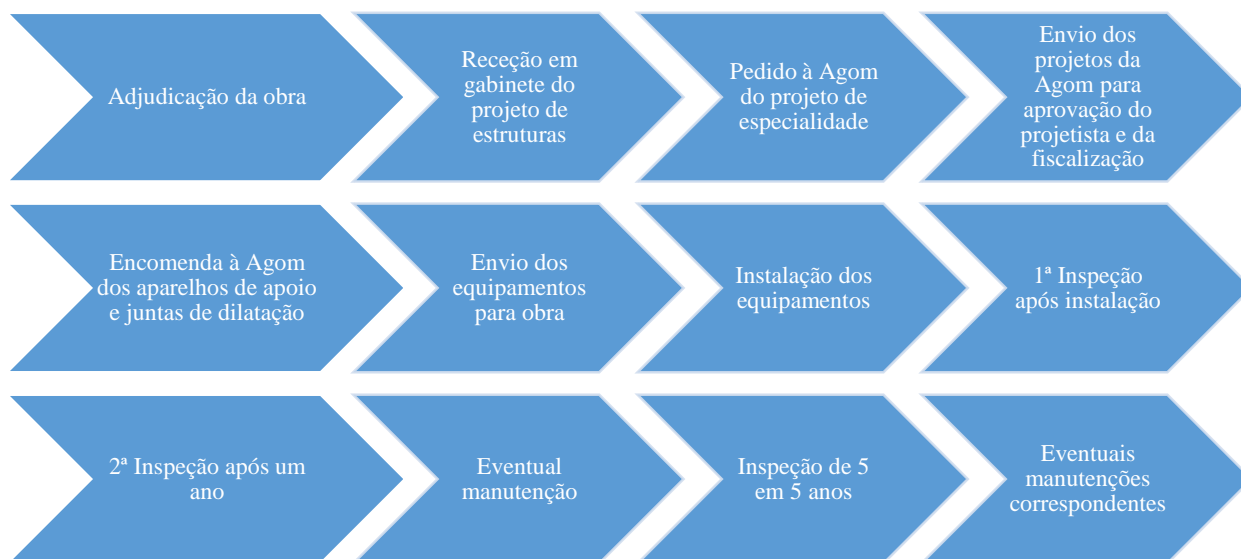


Figura 7.5: Fluxograma do processo antes da implementação da aplicação

Apesar de, do ponto de vista de programação, a aplicação ser o conjunto de uma base de dados em SQL e um *website* configurado para telemóvel que permite a gestão desta, do ponto de vista do utilizador a aplicação divide-se em dois componentes, tal como anteriormente exposto. Assim, e no sentido de tornar mais clara a explicação da configuração da aplicação, esta será feita em duas fases: uma primeira que corresponde ao *website*, e uma segunda que corresponde ao *webmobile*.

## B) WEBSITE

O *website* está concebido para utilização em escritório e é através deste que:

- É feita a gestão da informação por parte da MEEC-PE;
- É inserida grande parte da informação relativa aos projetos e aos produtos;
- É feito o controlo do que foi executado em obra e inserido no *webmobile*.

### B.1) GESTÃO DE UTILIZADORES

Para garantir a confidencialidade da informação da base de dados tanto por parte da Mota-Engil, como dos clientes, a aplicação é dotada de um sistema de gestão de utilizadores que possibilita a definição das áreas a que cada usuário tem acesso, tanto em *back office* como em obra.

No caso de o usuário ser um funcionário da Mota-Engil, este tem acesso a toda a informação de clientes, donos de obra, obras e projetos, podendo ou não fazer alterações destas informações em função do seu nível de acessibilidade.

Se o usuário for um cliente, apenas tem acesso às obras e aos projetos executados pela sua empresa e não tem permissão para editar dados. O mesmo acontece se o usuário for um dono de obra, pelo que apenas tem acesso às suas obras e está igualmente restringido no que toca à edição de dados.

Para que o sistema de gestão de utilizadores seja eficiente é pedida a identificação do usuário através de um *username* e de uma *password* quando é feito o acesso à aplicação.

Deste modo, quando a Mota-Engil recebe a adjudicação de um novo projeto deve criar um novo usuário para o seu cliente e para o dono de obra e, para cada um, definir o seu nível de acessibilidade, para que a informação se mantenha confidencial.

## B.2) INSERÇÃO DE DADOS

Depois de criado o usuário, é criado um novo projeto correspondente à obra a executar (uma obra, por exemplo a Concessão do Lote 3 do lanço Condeixa / Coimbra do IC3, pode ter vários projetos: Ponte do Ceira, Viaduto sobre a Ribeira de braçais, etc.);

Após a criação de um novo ficheiro com o nome do projeto ou da obra e depois de definir o nível de acessibilidade de cada um dos seus intervenientes é iniciado o processo de inserção de informação: da obra, dos projetos de estruturas, dos projetos de aparelhos de apoio, dos projeto de juntas de dilatação.

## B.3) IDENTIFICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS

De seguida é necessário atribuir uma identificação aos aparelhos de apoio e às juntas de dilatação para que possam ser reconhecidos em obra para preenchimento da informação relativa à instalação, às inspeções e às manutenções.

Os aparelhos de apoio e as juntas de dilatação vêm marcados de fábrica com um número de série, no entanto, por vezes estes tornam-se ilegíveis:

- Nos aparelhos de apoio devido à anomalia descrita no ponto 4.13 do Capítulo 5 (Chapa de identificação do aparelho de apoio ilegível);
- Nas juntas de dilatação porque o número de série está inscrito na face lateral da banda de neoprene que fica em contacto com a banda de transição.

Assim, e de modo a facilitar a leitura dos equipamentos em obra, é utilizado um código de identificação, atribuído em gabinete e colado ao equipamento em estaleiro, designado código QR.

O código QR (*Quick Response*) é um sistema criado em 1994 pela empresa japonesa “Denso-Wave” para a indústria automóvel e que desde então foi aplicado a várias áreas como a administração de inventários em armazéns, ao comércio e a várias indústrias. Este código permite armazenar informação numa matriz de pontos ou num código de barras bidimensional que pode ser apresentado em forma impressa ou em ecrã (Huidobro, J.M., 2009).

Estes códigos podem ser facilmente interpretados por qualquer aparelho que possa captar imagem (telemóvel, *tablet*) e que esteja dotado de um *software* de leitura adequado ou então pode ser fotografado para ser depois lido num computador. Esta tecnologia diferencia-se do convencional código de barras por ter capacidade para armazenar até 7.089 caracteres, por ocupar um décimo do espaço que ocuparia em código unidimensional.

Depois de ser lido por uma câmara a alta velocidade a partir de qualquer direção (360° graus) o *software* de leitura recolhe alguns pontos da fotografia tirada pela câmara e identifica a informação codificada, neste caso um endereço eletrónico. Este sistema tem capacidade de corrigir erros e de restaurar informação se parte do código, até 30%, estiver danificado ou manchado.

Assim, quando o utilizador da aplicação *webmobile* fizer a leitura de um código QR num aparelho de apoio ou numa junta de dilatação, e desde que tenha ligação a uma rede de Internet móvel, será de imediato ligado à base de dados com toda a informação desse produto.



Figura 7.6: Imagem de um código QR

Depois de todo este processo estar terminado, os aparelhos de apoio e as juntas de dilatação são enviados para obra.

### C) WEBMOBILE

A aplicação *webmobile* está concebida para utilização em obra através da utilização de um telemóvel ou de um *tablet*, sendo que, também poderá ser utilizado em computador.

Depois de iniciar a sua sessão na *App Webmobile* através de um *username* e uma *password*, os encarregados, os engenheiros, os fiscais e os donos de obra podem aceder em obra a toda a informação inserida em gabinete.

#### C.1) IDENTIFICAÇÃO DE DISPOSITIVOS

Para fazer a identificação em obra dos aparelhos de apoio e das juntas de dilatação pode ser utilizado o *software* de leitura do código QR com um dispositivo móvel ou então pode ser inserido o número de identificação de fábrica do produto. Após identificado o código QR, o sistema deverá reconhecer imediatamente o equipamento e identificar o seu estado como instalado ou por instalar.

No caso de o equipamento ainda não ter sido instalado são apresentadas ao utilizador duas opções:

- Consultar informação de projetos, manuais de instalação, etc.;
- Iniciar instalação.

No caso de o equipamento já ter sido instalado são apresentadas ao utilizador as opções:

- Consultar informação de projetos, relatório de instalação e de inspeções, manutenções realizadas, manuais;
- Iniciar inspeção.

Em qualquer dos casos, após a escolha da opção, o usuário é direcionado para a consulta dos campos pretendidos ou para a *checklist* correspondente à atividade a efetuar: instalação ou inspeção.

O processo acima exposto está representado no organograma da figura 7.7 de forma mais intuitiva.

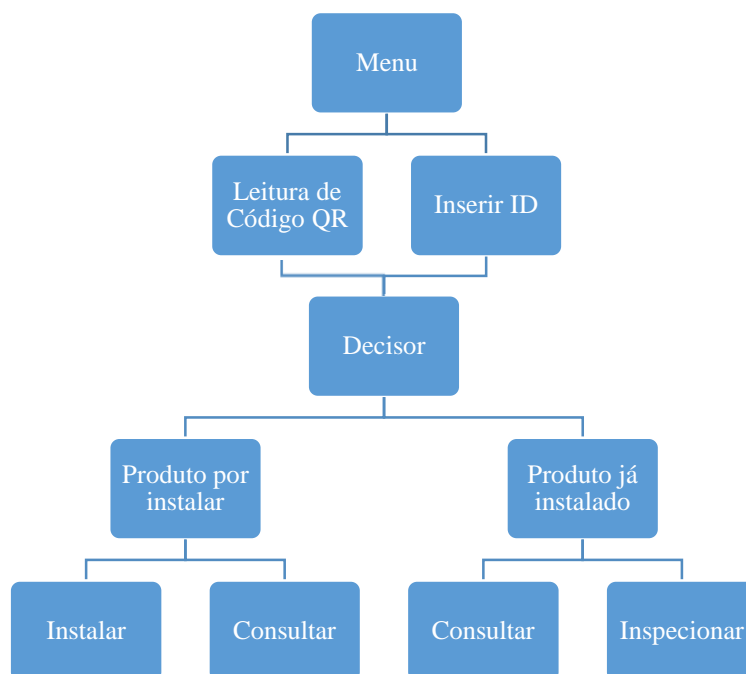


Figura 7.7: Organograma genérico do funcionamento da *App Webmobile*

## C.2) PREENCHIMENTO DE *CHECKLISTS*

O preenchimento das *checklists* é feito de forma simples através da colocação de vistos em frente ao parâmetro a avaliar e é de preenchimento obrigatório para obter a garantia por parte da Mota-Engil.

No caso de falta de preenchimento de uma *checklist* é gerado um alerta enviado por *email*, e a própria aplicação *webmobile* notifica o usuário para a falta de preenchimento e respetiva consequência.

Uma vez que as *checklists* estão formuladas de forma simples através de questões que pretendem ajudar o usuário, por vezes há particularidades de casos especiais que não estão contempladas. Por este motivo, existe a possibilidade de inserir comentários escritos em cada ponto das *checklists*.

É também possível tirar fotografias e fazer o seu *upload* associado a uma anomalia. Esta funcionalidade tem a vantagem de permitir, em primeiro lugar, seguir a evolução de uma anomalia e, em segundo lugar, permite ao técnico da Mota-Engil prescrever uma ação corretiva sem para isso ter de se deslocar à obra.

No final da instalação e das inspeções é gerado automaticamente um PDF com toda a informação recolhida e com as eventuais intervenções a efetuar nos equipamentos. Este PDF é enviado automaticamente tanto para os usuários do cliente ou dono de obra como para o gabinete da Mota-Engil.

Para evitar o esquecimento de preenchimento de *checklists* por parte dos clientes ou dos donos de obra, o *webmobile* envia periodicamente um alerta ao usuário a pedir que faça a inspeção aos aparelhos de apoio e às juntas de dilatação e que o submeta na plataforma móvel.

De forma a resumir todo este processo apresenta-se na figura 7.8 um fluxograma com todo o processo incluído pela aplicação.

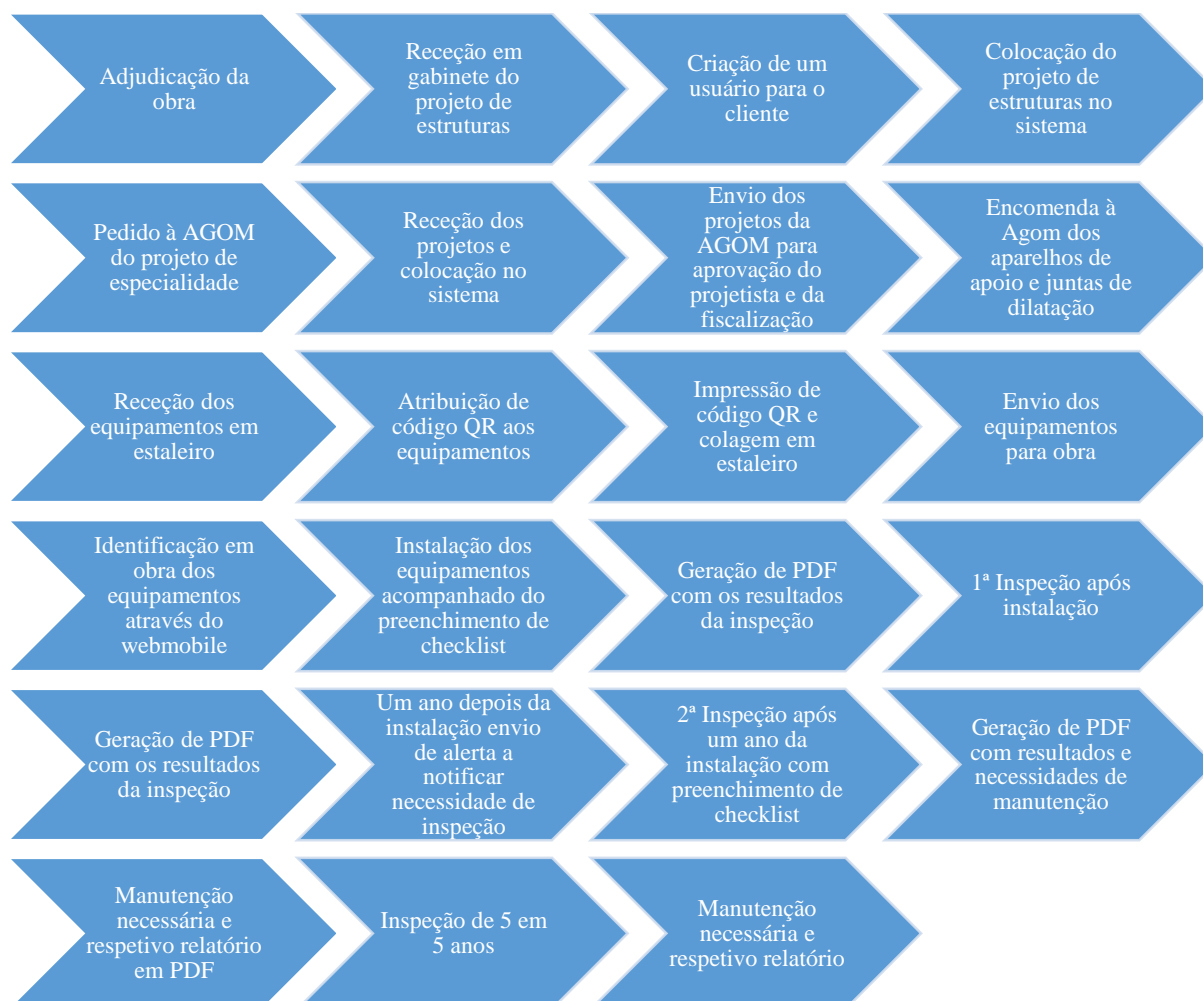


Figura 7.8: Fluxograma do processo de Instalação, inspeção e manutenção com apoio do webmobile

## 7.4 MOTA-ENGIL REGISTRATION & CONTROL – MERC

### 7.4.1 APROVAÇÃO, ADJUDICAÇÃO E NOMEAÇÃO

Uma vez que, de um ponto de vista mais abrangente o que o projeto em questão permite é construir uma base de dados que permita o controlo e a rastreabilidade dos produtos vendidos pelo departamento de Pré-Esforço da Mota-Engil, e tendo em conta que se pretende que este venha a ser implementado a nível internacional e, a longo prazo, estendido a outras áreas de negócio do grupo, o nome escolhido para o projeto foi “MERC Webmobile” que é acrónimo para Mota-Engil *Registration and Control* (Mota-Engil Registo e Controlo).

Depois de apresentar o projeto à direção do departamento de Pré-Esforço, e tendo esta mostrado interesse na implementação da proposta, foi realizado um caderno de encargos do projeto descrito e foram contactadas oito empresas especializadas na conceção de aplicações informáticas.

Das oito empresas referidas, foram recebidos e analisados seis orçamentos e posteriormente foram marcadas reuniões de esclarecimento com as três empresas que ofereciam as soluções que mais se aproximavam dos objetivos da MEEC-PE.

Depois de terminado este processo foi elaborado um documento de apresentação do projeto com um mapa comparativo das propostas (ver anexo IV) e apresentado em reunião ao Diretor Adjunto da Divisão de Unidades Operacionais, Técnicas e de Apoio da Mota-Engil. Este viu o projeto apresentado com grande interesse para a área de negócio e, por sua vez, apresentou-o ao Diretor Executivo.

O projeto foi aprovado e de seguida adjudicado à empresa Bubble Surprise.

#### 7.4.2 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

Para a execução do projeto, e após reunir com a empresa adjudicatária, foi tomada a decisão de utilizar um sistema de gestão de conteúdos já existente, o *Wordpress*, em vez de criar um de raiz. Esta decisão foi tomada por vários motivos:

- Pela diminuição do tempo de construção do *website* que esta opção permite;
- Pelas garantias que estes sistemas oferecem em termos de segurança e de *updates* automáticos face a alterações em *browsers*;
- Pela facilidade acrescida de evitar problemas caso a MEEC-PE pretender mudar de fornecedor de serviços.

Assim, e após ter fornecido à Bubble Surprise um caderno de encargos completo, deu-se início à elaboração do projeto que teve a duração de aproximadamente dois meses.

Tal como anteriormente exposto, o projeto foi dividido em duas versões, com *layouts* e funcionalidades adaptadas ao propósito que cada uma pretende servir, uma para escritório e outra para utilização fora de escritório.

##### A) WEBSITE

A versão de *webmobile* foi desenhada apenas para utilização em escritório e pode ser acedida por dois tipos de utilizadores:

- O *Office Agent* que foi desenvolvido para ser utilizado pelos profissionais do escritório que têm a função de inserir a informação dos projetos, aparelhos de apoio e juntas de dilatação e têm acesso às *checklists* e à informação dos clientes, no entanto, não podem editar dados anteriormente inseridos;
- O *Office Administrator*, que apenas deverá ser utilizado ao mais alto nível, permite, além das funções do *Office Agent*, editar todos os campos e atribuir utilizadores.

Em seguida apresenta-se, através de organigramas, o modo como é feita a gestão dos vários campos. Para acompanhar melhor a explicação dos procedimentos, a aplicação pode ser acedida em [www.merc.pt/beta](http://www.merc.pt/beta) e poderá ser feito o *Login* através dos seguintes dados:

*Username:* feup.office

*Password:* feup123

O *website* pode ser considerado um sistema de gestão de informação no qual é permitido fazer a gestão de todos os elementos e que está dotado de um motor de busca para auxiliar o utilizador a procurar uma informação em concreto.

Abaixo, na figura 7.9 apresenta-se o *layout* do campo Utilizadores como exemplo da apresentação geral da versão para escritório.

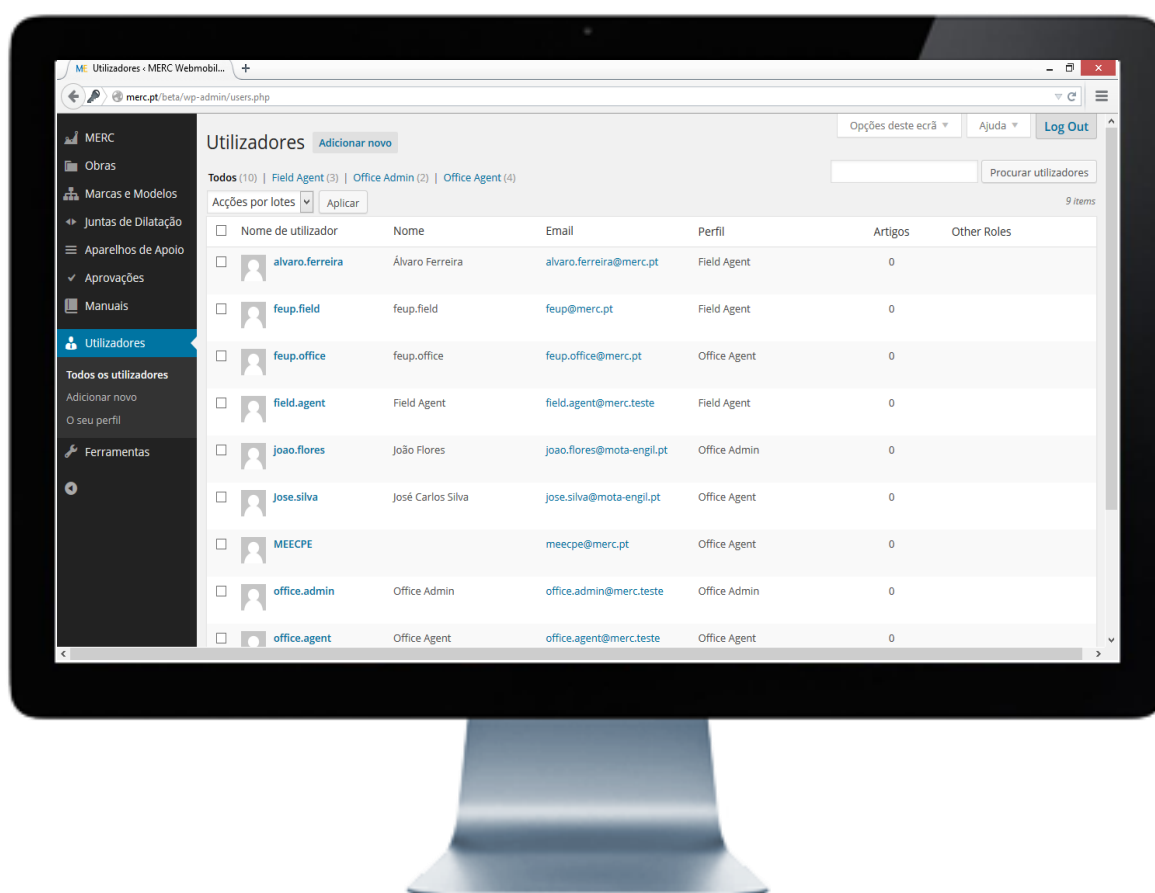


Figura 7.9: *Layout* do campo utilizadores da versão *website*

Algumas funcionalidades são transversais a todos os campos e foram pensadas para facilitar o trabalho do utilizador. São exemplo dessas funcionalidades a criação de “cópias” a partir de um ficheiro existente de forma a que o utilizador não tenha que repetir o mesmo procedimento inúmeras vezes. Existe também a possibilidade de gerar um PDF com toda a informação relativa a cada campo.

Apresentam-se de seguida esquemas funcionais de gestão de toda a informação nas figuras 7.10 a 7.13:



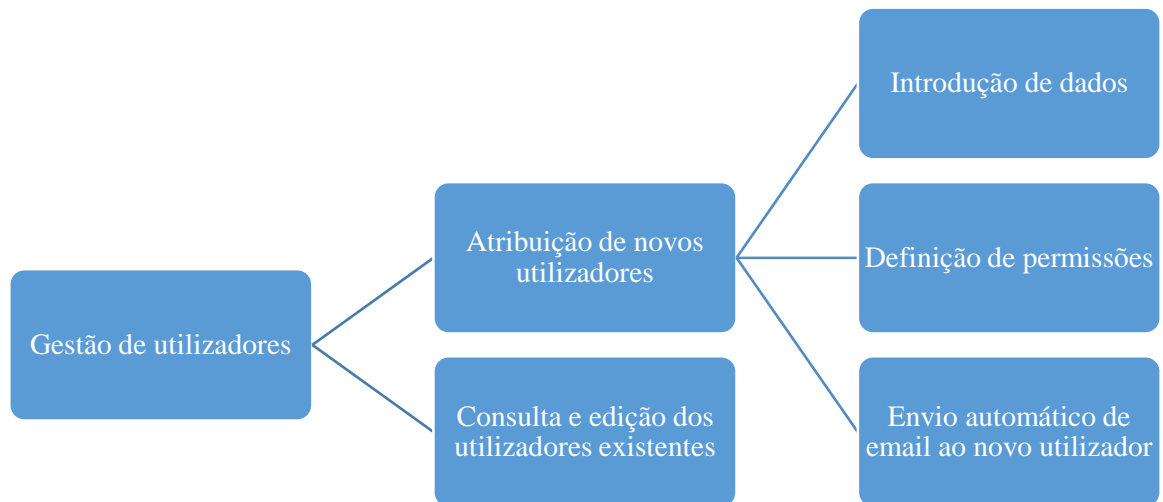


Figura 7.10: Esquema funcional da gestão de utilizadores

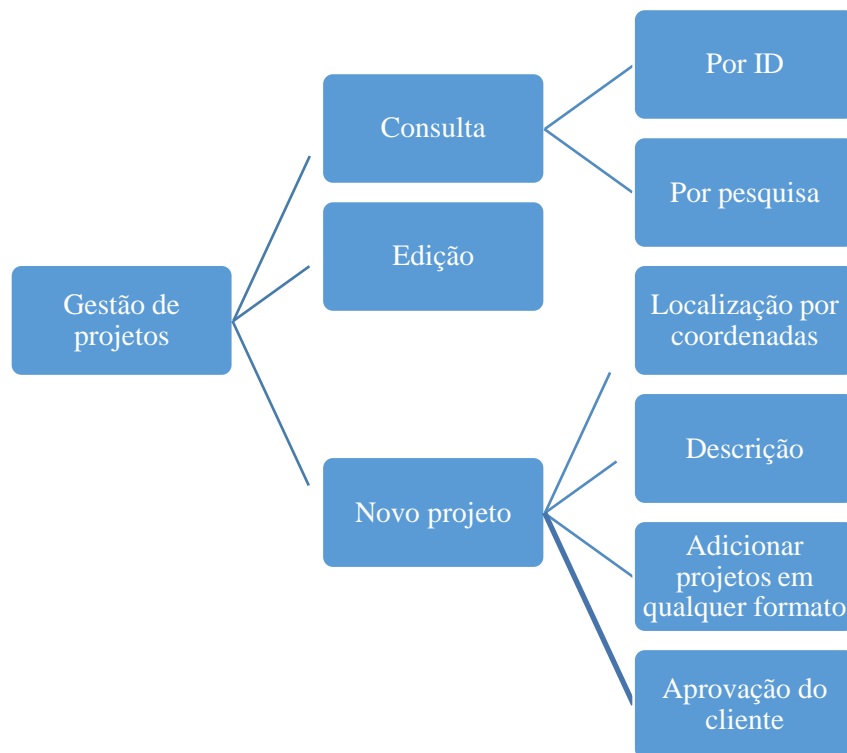


Figura 7.11: Esquema funcional da gestão de projetos

Existe também um campo para a gestão de “Marcas e Modelos” no qual é possível predefinir as marcas dos produtos e os modelos existentes de forma a facilitar a introdução da informação dos aparelhos de apoio e das juntas de dilatação.

Relativamente aos aparelhos de apoio e às juntas de dilatação, a sua gestão é feita da seguinte forma:

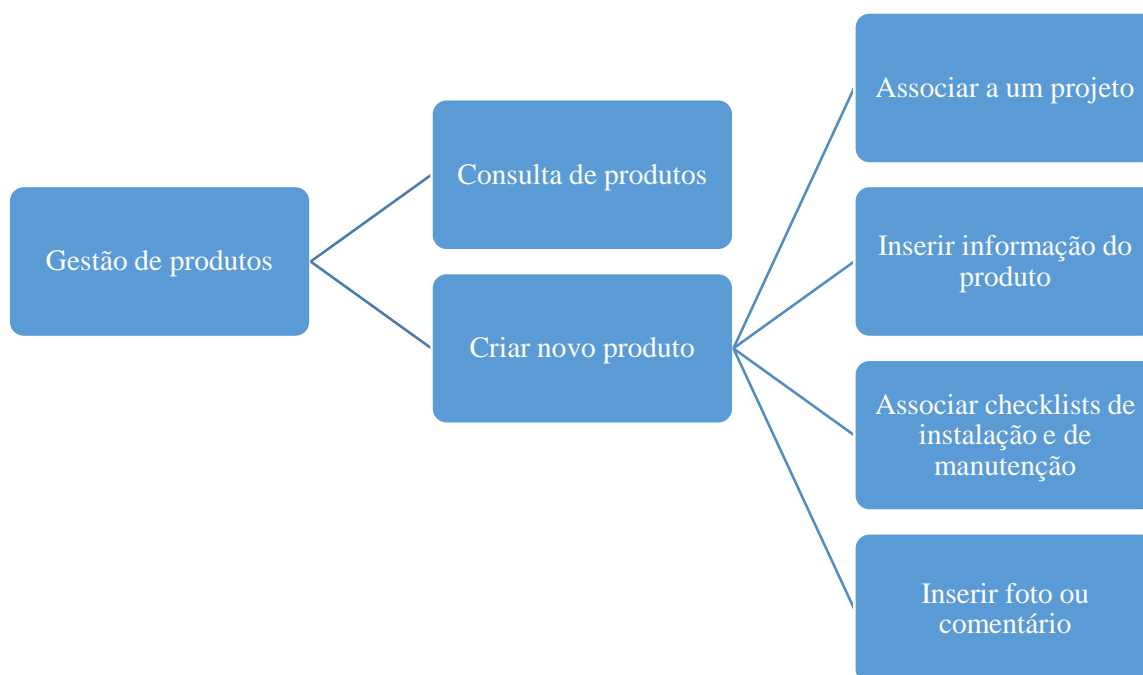


Figura 7.12: Esquema funcional da gestão de produtos

Como os vários produtos têm diferentes características e procedimentos de instalação e manutenção, associado a cada produto existe uma *checklist* própria.

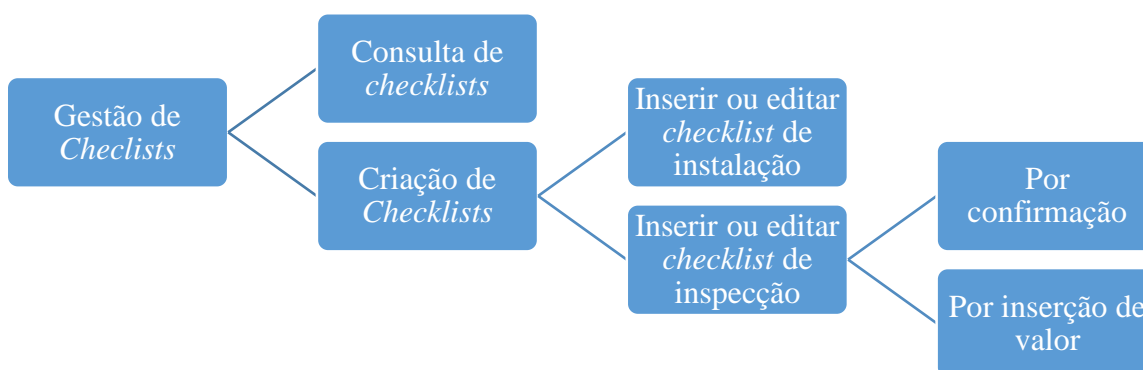


Figura 7.13: Esquema funcional da gestão de *checklists*

.Pelo facto de os produtos utilizados na instalação de juntas de dilatação não serem sempre os mesmos, e de forma a possibilitar um estudo mais rigoroso dos tipos de produtos mais indicados para as diferentes atividades, foram inseridos nas *checklists* de instalação os diferentes produtos que são utilizados na instalação de juntas de dilatação de elastómero armado, para que o operário possa identificar o produto que utilizou.

Além das funcionalidades acima expostas o utilizador pode também editar os dados do seu perfil à exceção do nome de utilizador e do nível de acesso.

## B) WEBMOBILE

O *webmobile* foi pensado para utilização fora de escritório e permite apenas a consulta de projetos, aparelhos de apoio e juntas de dilatação ao qual está associado o utilizador, e o preenchimento de checklists de inspeção e manutenção.

Em seguida apresenta-se, através de um organograma, o esquema com as funcionalidades do *webmobile*. Para acompanhar melhor a explicação dos procedimentos, a aplicação pode ser acedida em [www.merc.pt/beta](http://www.merc.pt/beta) e poderá ser feito o *Login* através dos seguintes dados:

*Username*: feup.field

*Password*: feup123

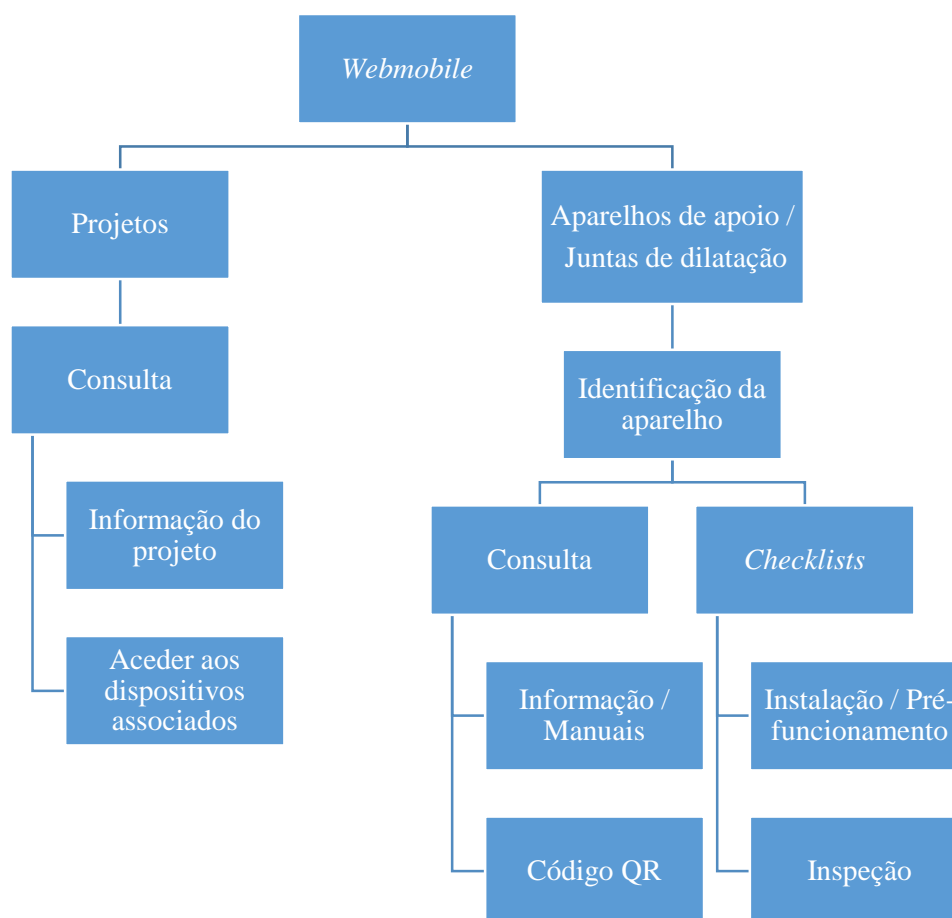


Figura 7.14 Esquema funcional do *webmobile*

No preenchimento das checklists de inspeção podem ser inseridos comentários e fotografias e quando aquelas são submetidas é enviado um *email* com o PDF com a informação da inspeção.

Os utilizadores irão receber notificações da *app webmobile* quando, após a data da sua instalação, os produtos devam ser inspecionados de acordo com a norma europeia. Caso o cliente não faça a inspeção e a submeta à MEEC-PE, esta desresponsabiliza-se de qualquer tipo de garantia de manutenção.

Nas figuras 7.15 a 7.17 apresenta-se a primeira versão dos vários *layouts* da *App Webmobile*.



Figura 7.15: Layout de validação, de menu geral e de menu de projetos

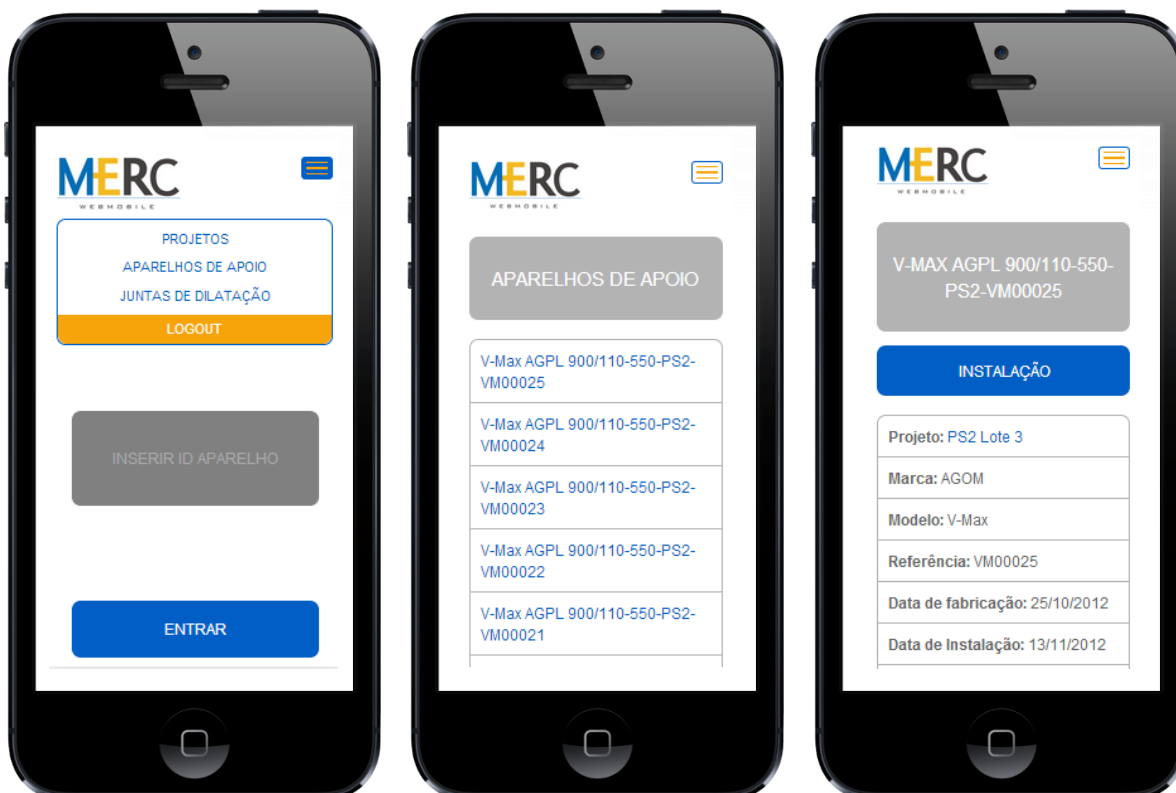


Figura 7.16: Layout de identificação de aparelhos, de menu de aparelhos e menu de consulta de aparelhos



Figura 7.17: Layout de *checklists* de instalação, de pré-funcionamento e de inspeção

#### 7.4.4 PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO

O plano de implementação de uma nova tecnologia como esta é um elemento fulcral no êxito que esta pode vir a ter uma vez que, caso seja mal executado e não seja estimulado o interesse por parte dos usuários, rapidamente se tornará obsoleta.

Assim o plano de implementação divide-se em três partes: a de escritório, a de obra, e a dos clientes e donos de obra.

##### A) ESCRITÓRIO

Após a receção do novo *software* é necessário inserir toda a informação genérica relativamente aos aparelhos de apoio, às juntas de dilatação e respetivos manuais de instalação e manutenção.

É depois necessário atribuir *username* e *password* a todos os colaboradores da MEEC-PE que se prevê que trabalharão com a plataforma e definir os seus níveis de acesso.

Depois de a plataforma estar totalmente pronta para ser aplicada é necessário fazer formação prática aos colaboradores com acesso a dispositivos móveis ou a computadores enquanto é dada a explicação. Foi também elaborado um manual que se encontra no Anexo V. Será também criada uma ajuda do tipo *chat* na qual os utilizadores poderão comunicar diretamente com o escritório cada vez que surja uma dúvida.

Para que a implementação do projeto tenha êxito devem ser passados para a plataforma as obras que estão a decorrer atualmente e deve ser estimulado o abandono do anterior sistema de pasta armazenado no servidor central.

Numa primeira fase a impressão dos códigos será feita fora da MEEC-PE uma vez que a impressora e material de impressão ideal para as condições a que vão ser sujeitos ainda não foram encontradas.

O pessoal do estaleiro ficará responsável pela colocação dos códigos nos produtos e por fotografar os produtos antes de serem despachados.

#### B) CLIENTES E DONO DE OBRA

Depois de toda a informação interna estar preparada, os clientes e donos de obra receberão um *email* de apresentação do MERC expondo os seus objetivos e vantagens e pedindo colaboração.

À medida que se forem fazendo novas obras serão atribuídas credenciais aos clientes e aos donos de obra.

Para implementação em obra será também enviado um *email* a apresentar o MERC e a solicitar preenchimento das *checklist*. Numa primeira fase, além de fornecer um manual ou tutorial do tipo “Pergunta – Resposta” deverá haver acompanhamento em obra para os encarregados.

A MEEC-PE entrará em contacto com os fornecedores de telecomunicações no sentido de fornecer os equipamentos adequados à utilização em obra.

Ao longo de um período inicial de pelo menos 2 anos deverá haver uma especial atenção ao índice de utilização por parte dos clientes e donos de obra da aplicação e deverão ser feitos inquéritos de satisfação e pedidos de sugestões, uma vez que, caso a aplicação não vá de encontro às necessidades dos utilizadores, ou seja de difícil utilização, rapidamente será evitada e tornar-se-á obsoleta.

# 8

## CONCLUSÃO

### 8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os aparelhos de apoio e as juntas de dilatação, apesar de à primeira vista não terem muito em comum, são dispositivos constituídos pelas mesmas matérias-primas e, por isso, são habitualmente fabricados e comercializados pelas mesmas empresas.

Os aparelhos de apoio são elementos estruturais de ligação que permitem a transmissão de forças entre a superestrutura da obra de arte e o seu suporte e que são, por isso, elementos essenciais para o correto funcionamento da estrutura na qual se inserem.

Por outro lado, as juntas de dilatação são elementos de desgaste que têm como função garantir movimentos relativos entre duas partes da estrutura ao nível do pavimento, contribuindo assim para garantir o conforto dos utentes da via e a continuidade do pavimento na zona dos deslocamentos.

Neste trabalho caracterizaram-se os vários tipos de aparelhos de apoio de onde se concluiu que:

- Os aparelhos de apoio metálicos, apesar de hoje em dia não serem instalados com tanta frequência, ainda estão presentes em muitas obras de arte construídas no século passado e cuja manutenção é muitas vezes necessária;
- Os aparelhos de apoio de elastómero são utilizados para pequenas cargas, tendo a vantagem de possuir grande durabilidade e um baixo custo;
- Os aparelhos de apoio de panela, juntamente com os de elastómero, são o tipo de aparelhos mais instalados em Portugal, apresentando boas características no que se refere ao suporte de cargas e de deslocamentos, devido à tecnologia desenvolvida com o elastómero e o PTFE;
- Os aparelhos de apoio sísmicos são cada vez mais instalados, no entanto, são habitualmente caros e necessitam de manutenção frequente, principalmente aqueles que têm acoplados a si aparelhos oleodinâmicos.

Foram também caracterizados os tipos de juntas de dilatação mais presentes no mercado. Dessa caracterização sobressaíram as seguintes conclusões:

- No que toca a pequenas amplitudes, apesar de ainda estarem presentes em algumas estradas com menor intensidade de tráfego, alguns tipos de juntas como juntas abertas, juntas ocultas sob pavimentos contínuo e juntas seladas com material elástico já não são instaladas;
- Atualmente, para a instalação de juntas de dilatação de pequena amplitude, são utilizadas juntas de betume modificado por terem baixo custo de instalação, serem fáceis de reparar e impermeáveis, além de serem silenciosas e proporcionarem bom conforto aos utentes;

- Relativamente à instalação de juntas de dilatação com maior amplitude, as mais instaladas em Portugal são as juntas de elastómero armado, para amplitudes médias, e as juntas de elastómero armado compostas para grandes amplitudes. Estes tipos de juntas são utilizados por serem de fácil instalação e substituição, por terem uma grande durabilidade desde que devidamente mantidas e por terem um custo competitivo quando comparadas com outros tipos de juntas para a mesma ordem de grandeza de amplitude.

Uma vez que a presente dissertação foi desenvolvida em ambiente empresarial, foi elaborado um estudo mais cuidado da empresa, que revelou ter um grande potencial de crescimento nesta área de negócio, principalmente a nível internacional.

No sentido de conhecer melhor os produtos comercializados pela MEEC-PE e os seus procedimentos de instalação e manutenção, foram realizadas uma série de visitas a obras e feito o acompanhamento, direção e participação nesses trabalhos.

Este processo foi de grande importância, não só para compreender melhor todos os processos, mas foi também uma experiência muito enriquecedora a nível profissional, na medida em que permitiu conhecer e trabalhar diretamente em ambiente real de construção.

Durante as visitas e acompanhamento de trabalhos foi possível verificar que, por má instalação no caso dos aparelhos de apoio e por falta de atenção às necessidades de manutenção dos produtos em questão, principalmente no caso das beneficiações de juntas de dilatação, existe uma necessidade de intervenção para reparação ou substituição destes elementos antes do tempo que seria expectável.

No seguimento destes trabalhos, e com o intuito de contribuir para aumentar a durabilidade tanto dos aparelhos de apoio como das juntas de dilatação, foram elaborados um conjunto de casos de estudo nos quais se caracterizaram anomalias encontradas, descrevendo as causas e consequências e propondo reparações e ações preventivas.

Para todas as anomalias cujos procedimentos de instalação se consideraram adequados, mas para as quais se identificaram erros de execução, foram feitas recomendações que, com base nas causas identificadas, se pensa que contribuirão fortemente para evitar as anomalias descritas.

Relativamente a anomalias cuja adequabilidade dos procedimentos de instalação foi posta em causa, nomeadamente a instalação da tela e das bandas de transição, foi feita uma sugestão de melhoria do procedimento utilizado.

## **8.2 PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS**

Do estudo feito a partir dos casos recolhidos foi possível retirar algumas conclusões que, numa segunda fase, permitiram elaborar uma metodologia que poderá contribuir para a durabilidade dos dispositivos.

Relativamente aos aparelhos de apoio, foram registadas e caracterizadas dezassete anomalias das quais é possível concluir que:

- Existe por parte dos operários instaladores dos aparelhos de apoio, falta de conhecimento relativamente aos procedimentos de instalação;
- Esta falta de conhecimento deve-se ao facto de os operários não terem formação para a instalação dos aparelhos de apoio, e também ao facto de os manuais com os procedimentos de instalação serem demasiado técnicos e extensos;
- Dessa falta de conhecimento decorrem erros na instalação dos aparelhos de apoio como, por exemplo, não retirar as chapas de travamento ou retirar a cortina anti-poeiras;



- Existe também uma falta de consciência da importância da correta instalação dos dispositivos, tanto para o correto funcionamento da estrutura, como para uma vida útil mais alargada;
- Assim, os aparelhos de apoio não são manuseados com o cuidado requerido além de, muitas vezes, serem manipulados outros materiais perto dos aparelhos de apoio sem ter o cuidado de os proteger, originando anomalias como salpicos de *grout* na placa de aço inoxidável;
- A falta de cuidado ou a incorreta instalação dos aparelhos de apoio leva à necessidade de intervenções de manutenção num espaço de tempo muito curto, menos de um ano e, muitas vezes, criam-se anomalias que não têm possibilidade de reparação.

No que toca às juntas de dilatação foram registadas e caracterizadas onze anomalias das quais se retiraram as seguintes conclusões:

- As anomalias nas juntas de dilatação, por serem instaladas por equipas especializadas, decorrem habitualmente do esperado desgaste dos seus materiais constituintes;
- Por vezes foram registadas anomalias devido a circunstâncias alheias à equipa instaladora, como abertura antecipada de trânsito, causando deterioração da banda de transição ou a erros de execução por parte da equipa de pavimentações;
- A deterioração das bandas de transição foi identificada como uma das anomalias mais correntes, motivo pelo qual se acrescentou ao anterior procedimento de instalação, um reforço de armação que, podendo não resolver o problema, contribuirá certamente para a sua diminuição;
- Apesar de ter sido apresentado juntamente com as anomalias dos aparelhos de apoio por serem estes a sofrer as consequências de uma má execução, a colocação de uma nova tela que conduz as águas ao extremo do encontro é outra alteração que foi proposta ao procedimento de instalação de juntas de dilatação de elastómero armado;
- Uma vez que as juntas de dilatação são elementos de desgaste, algumas das anomalias são expectáveis; no entanto, a sua gravidade e frequência pode ser reduzida se for feita uma manutenção mais frequente, tornando esta mais preventiva que corretiva.

Assim, tendo por base as recomendações e sugestões de alterações aos procedimentos já referidos, desenvolveu-se uma metodologia de gestão corrente para melhorar o controlo de qualidade dos processos causadores das anomalias.

Esta metodologia consiste na sistematização de todos os procedimentos de uma forma simples e acessível que permite acompanhar os trabalhos realizados em obra durante a instalação ou manutenção, através do preenchimento de *checklists*.

Apesar de a metodologia com recurso a utilização de *checklists* ser prática e estar provada noutras áreas como sendo uma ferramenta útil, no que toca à execução de trabalhos mais complexos, em ambiente de obra, existe uma tendência para serem ignoradas e preenchidas de forma repetida no final da obra ou no final da execução dos trabalhos.

De forma a evitar a situação descrita e com o propósito de permitir a utilização a nível internacional foi proposta a criação de uma base de dados com acesso através de uma *App Webmobile*.

A criação desta *App Webmobile* tem como principais vantagens:

- Arquivar e tratar a informação inserida automaticamente;
- Possibilitar a sua utilização independentemente da localização geográfica e em qualquer dispositivo móvel, desde que tenha acesso a *wifi* ou a dados;
- Acompanhar os trabalhos da obra sem necessidade de deslocação de meios humanos;

- Apoiar a instalação e a inspeção dos dispositivos;
- Identificar necessidades de manutenção dos equipamentos;
- Dar apoio constante ao empreiteiro geral e acesso remoto e imediato a toda a informação;
- Rápido acesso à informação pretendida através da leitura de códigos QR;
- Enviar notificações a prevenir da necessidade de inspeção ou manutenção de um equipamento;
- Criar PDFs com os resultados das atividades efetuadas em campo.

A elaboração da programação e dos *layouts* da aplicação foi entregue a uma empresa externa, motivo pelo qual o seu desenvolvimento não pode ser acompanhado como teria sido do interesse deste trabalho. Pelo mesmo motivo, apesar de ter sido entregue uma versão beta apresentada no Capítulo 7, esta ainda não está totalmente funcional pelo que não faria sentido levar a cabo os testes piloto habitualmente apresentados nestes casos.

Independentemente deste desvio do que seria desejável, sentiu-se por parte da organização bastante agrado nas potencialidades e vantagens que esta aplicação pode trazer à área de negócio, uma vez que a sua implementação já está prevista.

No entanto, é importante ter em conta que a implementação de um *software* deste tipo só pode ser avaliada a longo prazo uma vez que, apesar de ser habitual um entusiasmo inicial na adesão a uma nova tecnologia como esta, essa mesma tecnologia só pode ser considerada um sucesso e totalmente implementada quando, ao fim de dois ou três anos, se revele indispensável para o funcionamento do departamento.

### 8.3 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Durante a elaboração desta dissertação foram identificadas algumas debilidades na área dos aparelhos de apoio e das juntas de dilatação que constituem oportunidades de desenvolvimento futuro.

Aquando da pesquisa efetuada no sentido de encontrar informação sobre aparelhos de apoio e juntas de dilatação e quais as suas anomalias, concluiu-se que a grande maioria dos documentos existentes em Portugal são antigos, sendo que os únicos trabalhos atuais desenvolvidos em Portugal foram objeto de teses de mestrado no Instituto Superior Técnico.

Em segundo lugar, foi possível constatar que a informação relativa ao dimensionamento de aparelhos de apoio e de juntas de dilatação não é objeto do ensino em Portugal, e que os gabinetes de projetistas apenas calculam as cargas e deslocamentos a que estes dispositivos são submetidos, sendo o dimensionamento dos próprios equipamentos feito pelos fornecedores, que mantêm assim a exclusividade do conhecimento.

Neste contexto foi identificada uma oportunidade de tentativa de divulgação da importância dos aparelhos de apoio e juntas de dilatação na comunidade científica com interesse neste tema, realçando os encargos que existem atualmente por falta de gestão na manutenção ou de conhecimento na instalação.

Relativamente à metodologia desenvolvida, e tendo em conta que cada vez mais se começam a desenvolver na construção civil *softwares* de gestão que facilitam a instalação e manutenção de produtos, este trabalho considerado inovador, principalmente na empresa em que foi desenvolvido, poderá futuramente vir a integrar um *software* mais abrangente como é o caso do *Building Information Modeling* (BIM).

Eventualmente, caso a implementação deste projeto seja bem-sucedida a longo prazo, poderá ser estudada a implementação desta aplicação noutras áreas de negócio da empresa.



## **BIBLIOGRAFIA**

- AGOM - AGOM - Company Profile.
- AGOM - AGOM E-Link Elastomeric Bearings. MILANO, ITALIA: 2013a.
- AGOM - AGOM Expansion Joints. Milano, Italia: 2013b.
- AGOM - AGOM V-Max Pot Bearings. Milano, Italia: 2013c.
- Asociación Técnica de Carreteras - Juntas para Puentes de Carretera - Consideraciones Prácticas. Madrid: 2003.
- Dornsife, Ralph J. - Washington State Department of Transportation, 2000. 25 - Bridge Engineering Handbook.
- Ennis-Flint -. Disponível em WWW: <<http://www.ennisprismo.com/product-list>>.
- Ennis-Flint - Technical Information.
- Estradas de Portugal - Relatório e contas. 2012.
- European Committee for Standardization - EN 1337-3 Structural bearings - Part 3: Elastomeric bearings. 2005.
- Freire, Luís Manuel Ribeiro - Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Aparelhos de Apoio em Pontes Rodoviárias. Universidade Técnica de Lisboa, 2008.
- Huidobro, José Manuel - Código QR. bit. Vol. 172. (2009). p. 47-49.
- Leonhardt, Fritz - Construções de concreto. 1971. - Princípios básicos da construção de pontes em concreto.
- Lima, João Marques - Juntas de Dilatação em Pontes Rodoviária - Desenvolvimento de um Sistema de Gestão. Universidade Técnica de Lisboa, 2006.
- Lima, João Marques; Brito, Jorge de - Classification of expansion joints in Portuguese road bridges. Teoria e Prática na Engenharia Civil. n.º 14 (2009a). p. 31-41.
- Lima, João Marques; Brito, Jorge de - Inspection survey of 150 expansion joints in road bridges. Engineering Structures. Vol. 31. n.º 5 (2009b). p. 1077-1084. 01410296
- Malla, Ramesh B. , Ph.D. - Sealing of Small Movement Bridge Expansion Joints. (2003).
- Marioni, Agostino - The European Standard EN 1337 on Structural Bearings. Halifax (Canada): 2006.
- Oladimeji, Fasheyi Adebawale - Merits, Demerits, practical Issues, Maintenance and Extensive Surveys on Bridge Bearing. Stockholm, Sweden: Royal Institute of Technology, 2012.
- Rito, Armando - Viaduto sobre a Ribeira do Fontão - Projecto de Execução. Arquivi Brisa, 1983.
- Rossow, Mark - Federal Highway Administration Bridge Inspector's Reference Manual. Federal Highway Administration (FHWA), 2006.

Santiago, Sónia - Estudo comparativo. Análise técnico-económica das soluções de juntas de dilatação. (2004).

SETRA - SETRA/CTOA - Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes. 1987.

Silberschatz, Abraham - Database System Concepts. McGraw-Hill, 2006.

The Highways Agency - Design Manual for roads and bridges. 1994.

VSL - CCT-Elastomeric-Bearings.

VSL - VSL-CTT Bearings.

Washington State Department of Transportation - Bridge Design Manual LRFD. 2005.

**ANEXOS**





# **ANEXO I**

## **PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO**



## **A) PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO APARENTES UTILIZADO PELA MEEC-PE**

A informação que se segue descreve o procedimento de instalação de juntas de dilatação da Agom dos tipos AGFLEXJ e AGFLEX BJ, de acordo com o manual da Agom e da MEEC-PE.

Como já exposto, a montagem das juntas está facilitada pelo encaixe macho-fêmea entre módulos de juntas. Estes módulos são fornecidos com 2 m de comprimento, à exceção dos modelos AGFLEXJ120 e AGFLEXJ330 que são fornecidos em módulos de 1m.

Para movimentos de amplitudes entre 400 e 1600 mm é recomendada a utilização de modelos AGFLEXBJ.

A fixação dos parafusos à laje é feita com resina epóxi e as fêmeas são apertadas usando uma chave dinamométrica, de modo a que a junta esteja permanentemente sujeita a uma força de compressão, para que as forças horizontais devidas à travagem dos veículos e a reação à deformação (retração, fluência, variações térmicas, etc) sejam transmitidas por atrito entre a borracha e o betão.

De seguida apresenta-se esquematicamente o aspeto geral dos diferentes tipos de junta elastomérica (Figuras A.1 a A.3):



Figura A.1: Junta de dilatação do tipo AGFLEX 50 a 160



Figura A.2: Juntas de dilatação do tipo AGFLEX 200 a 330



Figura A.3: Junta de dilatação do tipo AGFLEXBJ 400 a 1600

Antes de se instalar uma junta de dilatação, é muito importante verificar os movimentos do tabuleiro, a espessura do betuminoso e o intervalo (*gap*) da estrutura, a fim de verificar se o tipo de junta escolhido pode ser corretamente instalado e qual o melhor tipo de instalação.

Existem basicamente 2 tipos de instalação, uma adequada para as juntas de dilatação AGFLEXJ e outra dedicada às juntas tipo AGFLEXBJ.

O primeiro passo de todos os procedimentos é fazer a marcação do corte da junta para ambos os lados relativamente ao eixo. Depois de usar uma máquina de corte, remove-se o betuminoso para obter a “caixa” com as dimensões pretendidas para o tipo de junta a instalar (ver figura A.4).

#### A.1) Procedimento de instalação de Juntas de Dilatação tipo AGFLEXJ (tipo 1)

Para todo o tipo de juntas de dilatação, à exceção do tipo AGFLEXBJ, a instalação tipo 1 é a aconselhada.

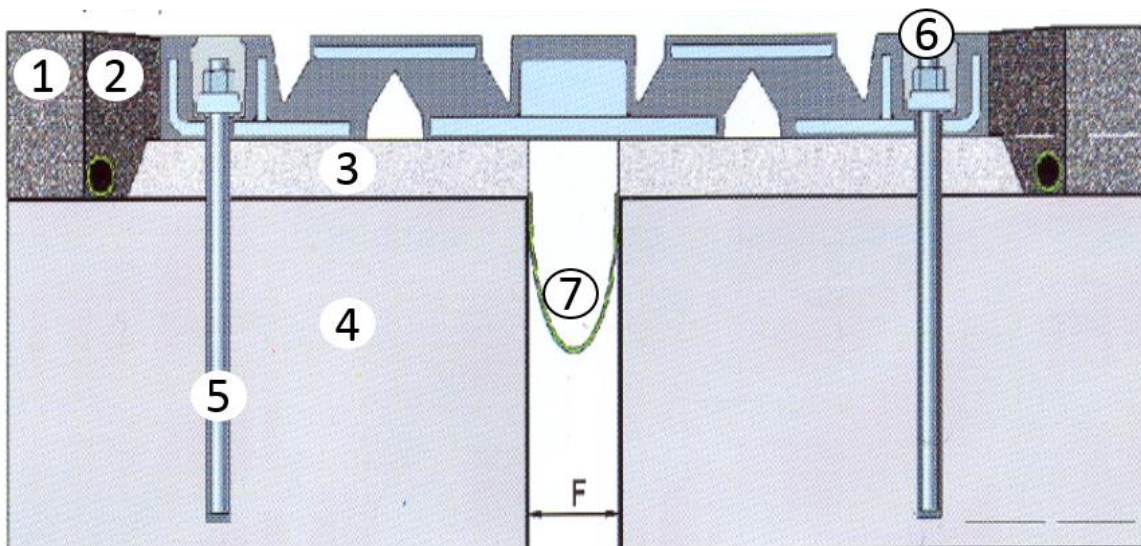


Figura A.4: Corte de uma junta de dilatação do tipo AGFLEXJ (adaptado de (AGOM, 2013b))

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| 1. Pavimento            | 5. Pernos de aparafusamento                      |
| 2. Banda de transição   | 6. Porca de aparafusamento e enchimento da mesma |
| 3. Mesa de nivelamento  | 7. Tela de escoamento de águas                   |
| 4. Laje da obra de arte |  |

A sequência de tarefas a executar é a seguinte:

- Depois de demolir e nivelar a base, o gap será protegido com uma peça de poliestireno e será aplicada uma argamassa de alta resistência que fará de nivelamento à junta de dilatação;
- Aplicar uma camada fina de Epóxi Tixotrópico de ligação, em ambas as faces verticais do gap, e fixar a banda impermeável;
- Os módulos serão então colocados na sua posição final, encaixados uns nos outros usando o encaixe macho-fêmea, e os furos serão marcados e perfurados;
- Os furos serão esvaziados completamente através de ar comprimido e serão cheios com um produto epóxi de cura rápida antes de se inserirem as ancoragens verticalmente;
- Depois do produto epóxi ganhar resistência, serão colocadas as anilhas e porcas nos parafusos; As porcas serão apertadas com a força apropriada usando, uma chave dinamométrica; Será usado selante de poliuretano para preenchimento das cavidades da junta onde se encontram os parafusos;
- Bandas de transição: verificar que as paredes do betuminoso e da junta de dilatação estão completamente limpas e secas; Depois disso, os trabalhadores devem preparar cuidadosamente as paredes do betuminoso, dos módulos e as superfícies horizontais da estrutura de ambos os lados da caixa, usando uma escova; É então aplicado um “ponto de união” epóxi para garantir uma adequada ligação entre argamassas; Finalmente é

aplicada uma argamassa fluida de endurecimento ultra rápido, reforçada com fibras; A argamassa deve ser muito bem regularizada entre o módulo e o betuminoso.

As dimensões das ancoragens, mesa e banda de transição são indicadas nos desenhos da Agom apresentados em anexo.

#### A.2) Procedimento de instalação de Juntas de Dilatação tipo AGFLEXBJ (tipo 2)

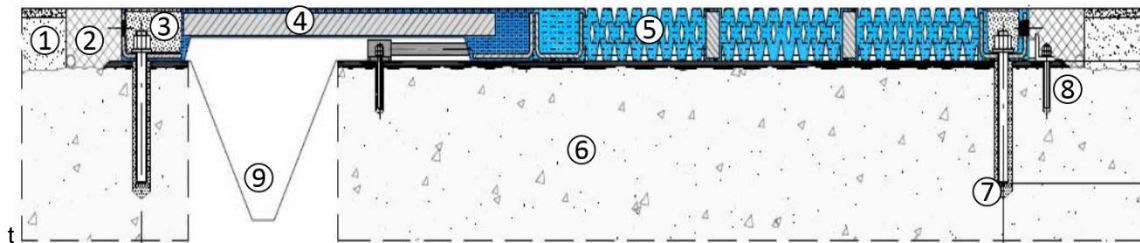


Figura A.5: Corte de uma junta de dilatação do tipo AGFLEXBJ (adaptado de (AGOM, 2013b))

- |                       |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| 1. Pavimento          | 5. Módulo de elastômero        |
| 2. Banda de transição | 6. Laje da obra de arte        |
| 3. Alveolos metálicos | 7. e 8. Pernos de fixação      |
| 4. Módulo metálicos   | 9. Tela de escoamento de águas |

A sequência de tarefas a realizar é a seguinte:

- Depois de demolir e nivelar a base, o gap será protegido com uma peça de poliestireno e será aplicada uma argamassa de alta resistência que fará o nivelamento para o correto assentamento dos módulos da junta de dilatação;
- Aplicar uma camada fina de epóxi Tixotrópico de ligação, em ambas as faces verticais do gap, e fixar a banda impermeável;
- Os módulos serão então colocados na sua posição final, alinhados e ligados uns aos outros através das guias metálicas longitudinais, e os furos serão marcados e perfurados;
- Os furos serão esvaziados completamente através de ar comprimido e serão cheios com um produto epóxi de cura rápida antes de se inserirem as ancoragens verticalmente;
- O final das guias metálicas é fixo com ancoragens;
- As barras metálicas de ligação ao tabuleiro são usadas para marcar a posição das suas ancoragens; Os furos serão depois perfurados, limpos com ar comprimido e cheios com um produto epóxi de cura rápida antes de se inserirem as ancoragens verticalmente;
- Quando o produto tiver ganho resistência suficiente, as barras metálicas serão apertadas e ligadas ao tabuleiro e à parte elastomérica da junta de dilatação.

As dimensões das ancoragens, mesa e banda de transição são mostradas nos desenhos da Agom.

## B) PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO APARENTES UTILIZADO PELA MEEC-PE

As juntas de dilatação Agom AGFLEX, se corretamente instaladas, são, em teoria, livres de manutenção. Normalmente, a junta não necessita de uma limpeza regular. A forma particular das ranhuras em V, para possibilitar o movimento, permite também que a sujidade seja expulsa durante os ciclos de abertura e fecho. De qualquer forma, se durante a inspeção, alguns objetos (tipicamente pequenas pedras como é possível observar na figura A.6) forem encontrados, devem ser retirados para a junta funcionar corretamente.



Figura A.6: Imagens de juntas de dilatação a carecer de manutenção (fonte: (Lima, J.M.B., Jorge de, 2009b))

Em todo o caso é sugerida a seguinte inspeção para garantir o correto funcionamento da junta:

1. Uma primeira inspeção logo após a instalação para verificar o correto posicionamento e altura em relação ao pavimento; em particular, a face superior da junta deve estar 1-2mm abaixo da superfície do betuminoso, conforme evidencia esquematicamente a figura A.7;



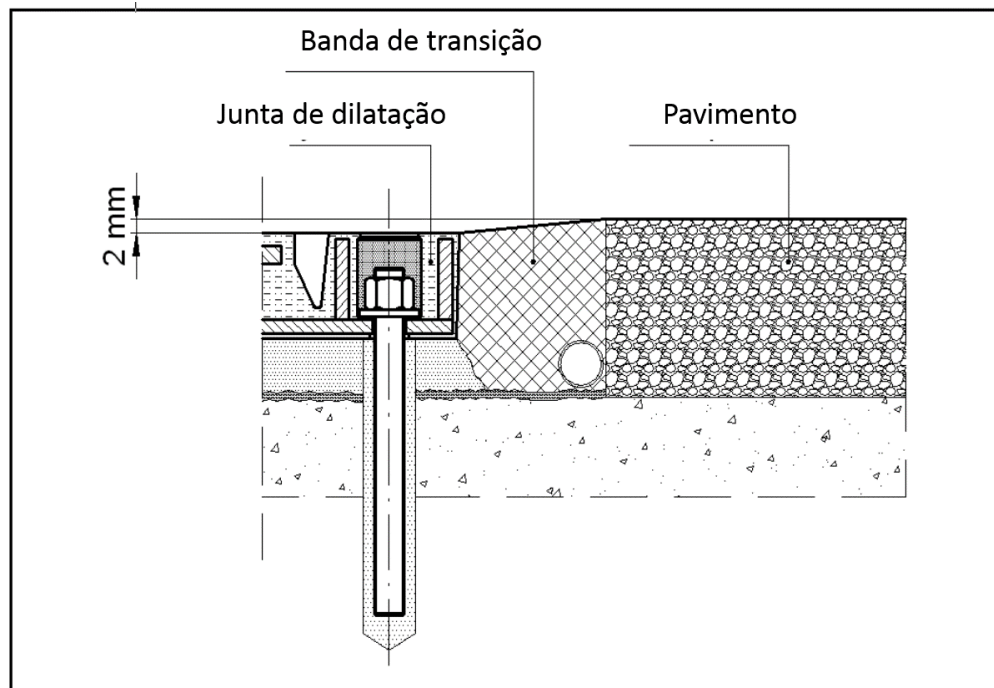


Figura A.7: Pormenor da junta de dilatação e da banda de transição (adaptado de fonte:(AGOM, 2013b) )

2. A superfície da banda de transição deve ser inspecionada para verificar que não há fissuração significativa; os orifícios da junta devem estar convenientemente selados e, se forem encontrados danos, deve ser contactado o instalador para reparar o problema;
3. Uma inspeção passado um ano após entrada em serviço para verificar visualmente algum estrago na junta ou nas zonas adjacentes, em particular nas bandas de transição;
4. A superfície da banda de transição deve ser inspecionada para verificar que não há fissuração significativa;
5. Os orifícios da junta devem estar convenientemente selados;
6. Se forem encontrados danos deve ser contactado o instalador para reparar o problema; Durante a inspeção, a superfície da junta deve ser visualizada para se verificar que não tenha danos significativos (por exemplo cortes) devido ao trânsito de veículos inesperados (por exemplo escavadoras) ou devido a acidentes (perda de óleo ou incêndio); Se a superfície da junta apresentar danos, devem ser contactados os técnicos da Mota-Engil Pré-Esforço/Agom para a eventual substituição dos módulos em causa;
7. Uma inspeção visual de cinco em cinco anos de modo a detetar eventuais danos provocados pelo tráfego, em particular na parte elastomérica da junta; Durante esta inspeção as mesmas verificações referidas no número anterior devem ser repetidas para assegurar um correto funcionamento da junta de dilatação.



### C) PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DE APARELHOS DE APOIO PROPOSTO PELA MEEC-PE

A informação seguinte descreve o procedimento de instalação de aparelhos de apoio da Agom, de acordo com o manual da Agom e da MEEC-PE.

Os aparelhos de apoio da Agom, se tiverem as devidas condições de transporte, armazenamento e instalação deverão ter uma vida útil estimada de 50 anos. Estes aparelhos são fabricados com tolerâncias muito baixas, e por isso, para que funcionem eficientemente é imperativo que o seu manuseamento em obra e a sua instalação sejam feitos com o mesmo cuidado com que são montados em fábrica.

Os aparelhos de apoio Agom estão claramente identificados e marcados no prato superior para assegurar uma correta instalação. Tipicamente, a informação contempla tipo, tamanho e número do aparelho de apoio.

Além disso, setas indicam os eixos de movimento e a orientação, em relação ao pilar mais próximo.

Todos os aparelhos de apoio estão dotados de uma chapa metálica de identificação com a informação mais importante sobre os mesmos.

Os aparelhos de apoio Agom devem ser armazenados em ambientes controlados onde estejam protegidos da má utilização, contaminação e humidade excessiva.

Dispositivos de transporte robustos equipam todos os aparelhos de apoio para assegurar que os componentes se mantêm corretamente nas suas posições relativas, antes e durante a sua instalação. Normalmente, estes dispositivos estão pintados de vermelho tal como é visível na figura A.8.

A menos que um dispositivo seja especialmente especificado, estes nunca podem servir para empurrar ou suspender os aparelhos de apoio.



Figura A.8: Chapas metálicas de travamento do aparelho de apoio

Devido a condições imprevisíveis, que podem ocorrer durante o transporte ou manuseamento no local, o alinhamento e o pré-deslocamento (se aplicável) do aparelho de apoio devem ser verificados recomendado ao respetivo projeto.

Não devem ser retificadas quaisquer discrepâncias em obra.

Aparelhos de apoio demasiado pesados para serem manuseados devem ser adequadamente movidos com equipamentos de elevação.

Muitas vezes, devido à retração ou outros fenómenos de encurtamento que possa sofrer a obra de arte, os aparelhos são instalados no local com a base superior descentrada da base inferior (pré-deslocamento). A grandeza desta diferença é calculada pela Agom e é regulada em fábrica.

#### a) Instalação

Os aparelhos de apoio devem ser colocados numa camada plana e rígida de *grout* ou argamassa de acordo com as especificações do fabricante e com uma espessura mínima de 25mm. Qualquer que seja o produto usado é de extrema importância que o produto final esteja livre de altos, vazios, fissuração, etc.

Antes de encastrar o aparelho de apoio no betão, a sua posição deve ser ajustada por intermédio de cunhas colocadas sob o prato inferior em quatro pontos. O aparelho de apoio deve ser nivelado e estabilizado a 30-40 mm de distância da subestrutura.

A menos que haja um requisito de projeto, as superfícies planas devem ser instaladas na horizontal. A correta instalação dos aparelhos de apoio é vital para o seu desempenho. Reparações onerosas tornam-se necessárias muitas vezes devido à má colocação em obra ou deficiente supervisão. Os aparelhos de apoio não devem ser carregados antes de a argamassa ganhar cura.

Um especial cuidado deve ser tomado para garantir uma correta orientação dos aparelhos de apoio unidirecionais.

#### b) Fixação dos aparelhos de apoio

Os aparelhos de apoio são normalmente colocados sobre uma argamassa cimentícia ou resina química. Os pernos de fixação podem ser deixados previamente no betão, mas geralmente é mais simples deixar negativos como demonstra a figura A.9.

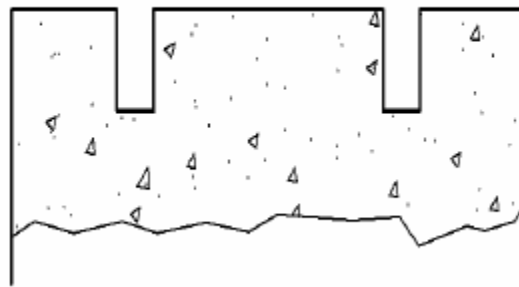


Figura A.9: Negativos no betão para fixação dos pernos (AGOM, 2013c)

O aparelho de apoio completo com os pernos pode então ser descido até ao nível onde é deixado um gabarit de madeira e os pernos ancorados na sua posição. Depois de os pernos estarem selados, o gabarit é retirado e o Aparelho de apoio groutado.

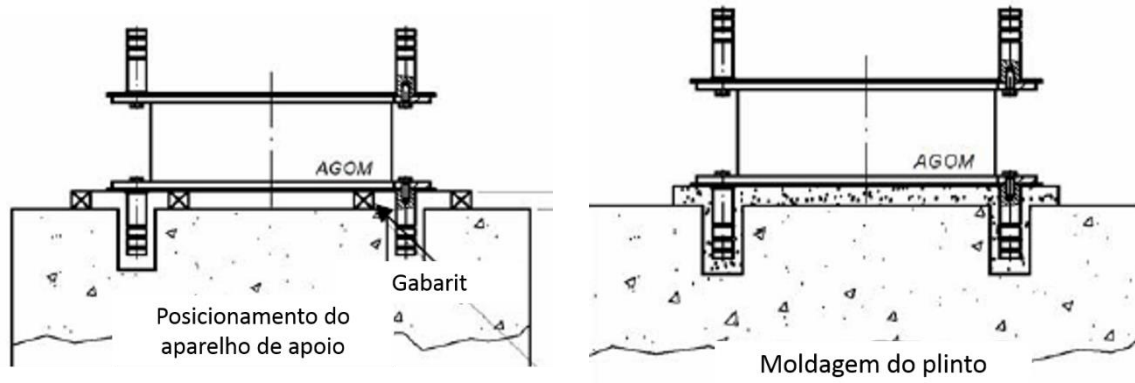


Figura A.10: Instalação do aparelho de apoio (Adaptado de fonte:(AGOM, 2013c))

O dispositivo de fixação (identificado a cor vermelha na figura A.8) deve ser removido antes que o aparelho de apoio possa rodar ou deslizar.

Alternativamente, os aparelhos de apoio podem ser fixados diretamente sobre pratos metálicos encastrados no topo das estruturas de suporte.

Se a estrutura for metálica, o aparelho de apoio deve ser aparafusado diretamente à mesma. Nestes casos podem ocorrer dificuldades em garantir o alinhamento e nivelamento dentro das tolerâncias, pelo que devem ser previstos ajustamentos.

Os aparelhos de apoio devem ser instalados com uma tolerância de  $\pm 0,0025\text{rad}$  entre as superfícies da estrutura.

#### c) Fixação dos aparelhos de apoio em estruturas betonadas in situ

Devem ser tomadas precauções para assegurar que os aparelhos de apoio não são danificados pela cofragem ou contaminados por infiltrações de betão. A interface entre o prato superior e a cofragem deve ser protegida e selada.

Devido ao efeito de carregamento de uma massa de betão fresco, o prato superior deve ser apoiado para evitar a sua rotação e/ou distorção. Aparelhos de apoio com placas de PTFE são especialmente vulneráveis a este fenómeno.

Quando o betão atingir o nível de resistência adequado, os suportes e a cofragem devem ser removidos, tal como se ilustra esquematicamente na figura A.11. No fim da construção, os aparelhos de apoio devem ser limpos e a pintura destes deve ser reparada, caso tenha sido danificada durante as operações de montagem.

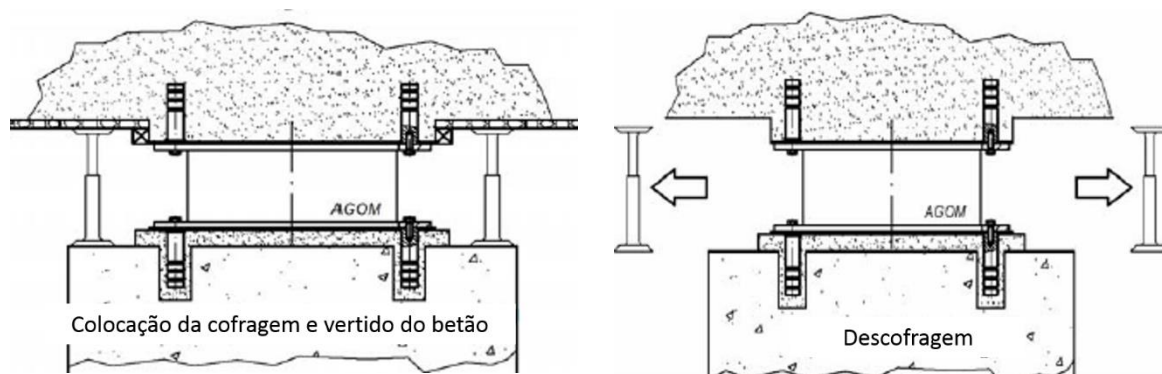


Figura A.11: Construção do plinto superior (fonte: (AGOM, 2013c))

d) Fixação dos aparelhos de apoio em estruturas pré-fabricadas ou metálicas

Uma camada fina de argamassa sintética deve ser usada entre o aparelho de apoio e o elemento pré-fabricado, como evidencia a figura A.13. Alternativamente, aparelhos de apoio com pratos removíveis podem ser aparafusados a placas ancoradas ou a ancoragens embebidas no elemento pré-fabricado ou no elemento metálico.



Figura A.12: Aparelho de apoio pronto para receber uma viga prefabricada (www.mageba.net)

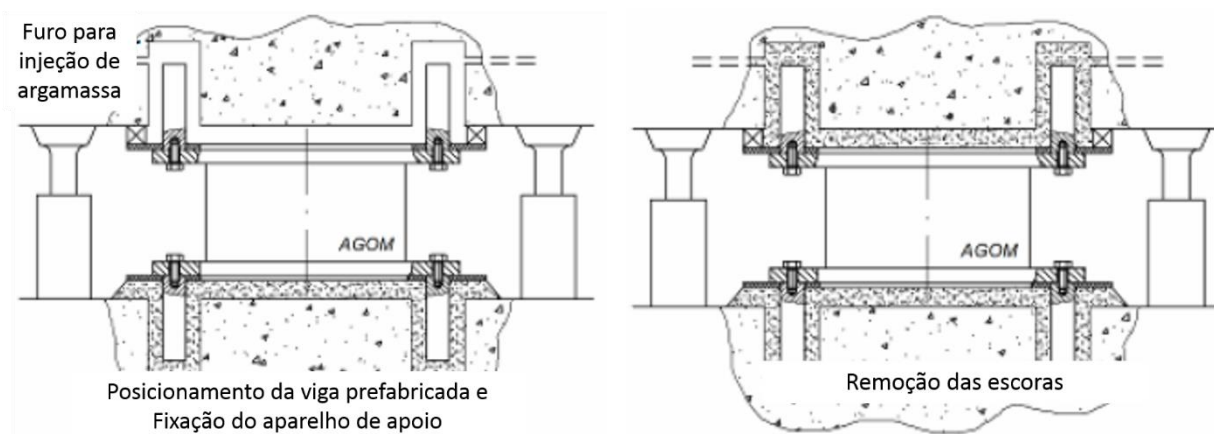


Figura A.13: Instalação de aparelho de apoio numa viga prefabricada (fonte:(AGOM, 2013c))

#### e) Retirada dos dispositivos de transporte

Os dispositivos de transporte, normalmente pintados de vermelho (figura A.14), devem apenas ser removidos quando o aparelho de apoio for corretamente instalado e estiver pronto a entrar em serviço.

Quaisquer furos roscados expostos, após a retirada dos dispositivos, devem ser tapados com um produto selante (silicone ou equivalente).



Figura A.14: Dispositivo de transporte ou de travamento (www.agom.it)

#### f) Substituição dos aparelhos de apoio

Sempre que possível, os aparelhos de apoio devem ser instalados de tal forma que se facilite a sua substituição. Os aparelhos de apoio Agom são projetados tendo em conta esta consideração.

#### g) Revestimento

Devem ser tomados cuidados especiais para assegurar que o revestimento das superfícies expostas dos Aparelhos de Apoio não é danificado durante as operações que antecedem a sua entrada em funcionamento.

Se, após a instalação, houver algum dano no revestimento o mesmo deve ser reparado.

Os parafusos de fixação expostos devem ser protegidos após o aperto final.

#### D) PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO DE APARELHOS DE APOIO UTILIZADO PELA MEEC-PE

Um dos aspetos mais importantes a assegurar é uma correta manutenção dos aparelhos de apoio que geralmente estão instalados em ambientes severos.

Segue-se a descrição do programa geral de inspeção e manutenção de Aparelhos de Apoio, que deve ser adaptado para as condições específicas de cada obra. Imediatamente após a instalação, os aparelhos de apoio devem ser inspecionados para assegurar que todos os aspetos relativos à sua instalação foram respeitados.

O presente procedimento descreve a inspeção a realizar sobre os aparelhos de apoio Agom depois da sua instalação. Os critérios de inspeção aqui apresentados estão de acordo com a norma EN 1337.10: Código europeu de “Inspeção e Manutenção”.

Os aparelhos de apoio devem ser consequentemente re-inspeccionados, pelo menos, todos os 5 anos após instalação. O período entre duas inspeções depende de alguns fatores, como a severidade ambiental do local, a carga a que estão sujeitos ou os acessos.

Em estruturas que usem Aparelhos de Apoio com PTFE, onde o movimento é essencialmente resultado de variações térmicas, uma inspeção a cada 5 anos deve ser suficiente. Para aparelhos de apoio sujeitos a uma grande variação de cargas, um período mais curto deve ser considerado. Para Aparelhos de Apoio instalados em ambientes muito severos (por exemplo: perto do mar) é recomendável uma inspeção anual.

Uma verificação de rotina típica ao aparelho de apoio instalado deve compreender as seguintes atividades:

1. A pintura e outros revestimentos devem estar em boas condições e livres de arranhões ou pancadas. Qualquer área de revestimento que apresente danos deve ser retificada imediatamente;
2. As áreas circundantes aos aparelhos de apoio devem estar limpas e livres de efeitos adversos exteriores, como por exemplo carbonetos ou água salgada;
3. As superfícies de desgaste dos aparelhos de apoio devem ser inspecionadas para garantir que vão continuar a operar eficientemente;
4. Onde for possível, as juntas devem ser inspecionadas para se assegurar que continuam intactas;
5. Deve ser verificado o aperto dos parafusos;
6. Se o material onde assenta o aparelho de apoio apresentar sinais de deterioração ou ineficácia deve ser substituído e as razões para essa falha investigadas e corrigidas;
7. As inspeções de rotina devem incluir uma verificação às capacidades de movimento e rotação dos aparelhos de apoio, que não devem ter sido excedidas nem apresentarem sinais de que vão ser excedidas;
8. Os discos de PTFE devem estar dentro dos limites do movimento de projeto e ter pelo menos 1mm de espessura de material visível; Excesso de movimento será evidente se o disco de PTFE estiver fora dos limites da chapa deslizante de aço inox.

A MEEC-PE, só valida as garantias dos aparelhos de apoio Agom se tiverem sido feitas regularmente:

- a Inspeção após Instalação;

- a Inspeção Principal;
- as Inspeções Periódicas.

Deverão também ter sido registados e comunicados à MEEC-PE e/ou Agom os dados das inspeções com todos os registos fotográficos necessários, que comprovem os resultados das inspeções, ver figura A.15.

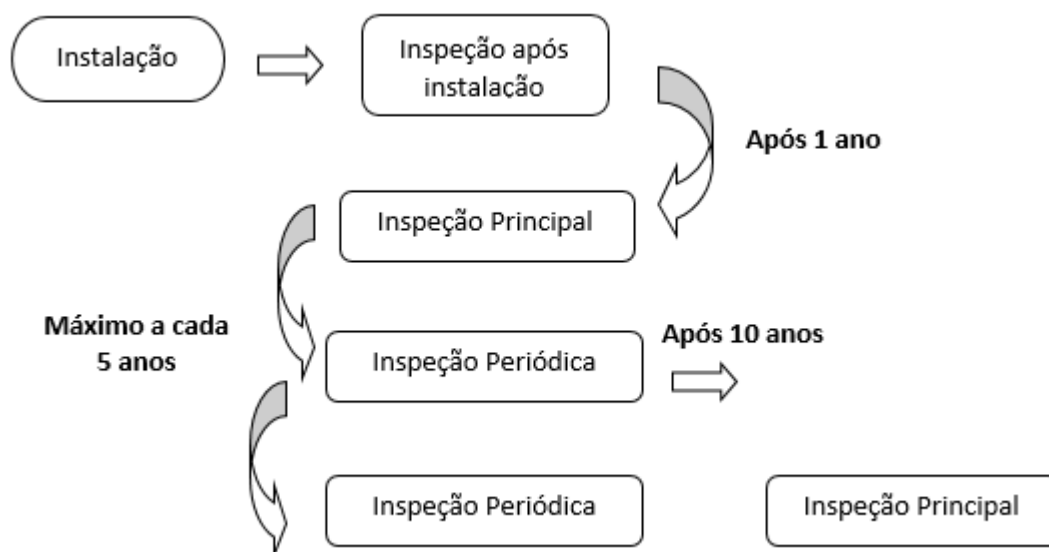


Figura A.15: Esquema de inspeções ao longo da vida dos aparelhos de apoio (fonte:(AGOM, 2013c))

#### a) Inspeção após instalação

No final da instalação dos aparelhos de apoio, que deve ser executada de acordo com o “Manual de Instalação e Manutenção – Aparelhos de Apoio” da Agom, é necessário proceder-se a uma inspeção cuidadosa.

Na inspeção realizada imediatamente após a instalação, devem ser verificados os seguintes pontos:

- Verificação do posicionamento correto do aparelho de apoio e do rótulo de identificação do mesmo;
- Verificação da orientação do aparelho de apoio (unidirecionais e multidirecionais), em conformidade com o desenho de implantação do próprio;
- Verificação da instalação do aparelho de apoio no mesmo plano, sendo permitida uma tolerância máxima de  $\pm 0,0025$  radianos em relação à inclinação pretendida das superfícies de contacto da estrutura;
- Verificação da remoção dos dispositivos de fixação temporários (cor vermelha), de maneira a permitir rotações e movimentos do aparelho de apoio;

- Verificação do revestimento dos elementos de aço; se alguns elementos tiverem sido danificados durante a instalação, devem os mesmos ser reparados;
- Verificação da orientação predefinida (se a houver), a fim de confirmar se o aparelho de apoio tem a capacidade de movimento suficiente em cada direção;
- Verificação das ligações aparafusadas de fixação.

Os resultados da inspeção devem ser registados no impresso apresentado no Anexo I E).

#### b) Inspeção periódica

A inspeção periódica dos aparelhos de apoio deve ser realizada, no mínimo, com a mesma frequência que a inspeção da estrutura, mas com a periodicidade mínima de 5 em 5 anos.

Na inspeção periódica devem ser verificadas as seguintes características:

- Capacidade suficiente de movimento residual dos aparelhos de apoio móveis, tendo em conta a temperatura da estrutura;
- Defeitos visíveis:
  - Fissuras;
  - Posição incorreta;
  - Movimentos e deformações imprevistos;
- Estado do assentamento e das fixações;
- Estado da proteção anticorrosiva, da proteção contra poeiras e das vedações;
- Estado das superfícies de escorregamento;
- Defeitos visíveis dos elementos da estrutura adjacentes.

Os resultados da inspeção devem ser registados no impresso apresentado no Anexo I E).

Caso haja defeitos ou danos visíveis que possam afetar a função dos aparelhos de apoio, deve ser realizada a inspeção principal. Se depois da inspeção principal for necessário haverá que proceder à manutenção dos aparelhos de apoio.

#### c) Inspeção principal

##### i) Generalidades

As inspeções principais devem ser realizadas em intervalos menos frequentes que as inspeções periódicas, mas com uma periodicidade não inferior a de 10 em 10 anos, substituindo normalmente uma das inspeções periódicas (este último requisito consta da norma EN1337-10, secção 6.1).

Pretende-se que estas inspeções resultem num registo preciso do estado dos aparelhos de apoio e, se forem devidamente interpretadas e forem tomadas as medidas necessárias, assegurarão que o aparelho de apoio continuará a funcionar como projetado até à inspeção principal seguinte.

A primeira inspeção principal deve ser realizada no prazo de um ano a contar da data de colocação em serviço da estrutura.



A inspeção principal deve incluir as seguintes verificações, além de todos os pontos abrangidos pela inspeção periódica (alguns pontos só se aplicam a aparelhos do tipo V-Max).

ii) Elemento de deslizamento dos aparelhos de apoio

A folga  $h$  entre a superfície de escorregamento e a chapa que comporta a chapa fina de PTFE deve ser medida em pontos suficientes para se obter o valor mínimo conforme evidencia esquematicamente a figura A.16; registrar os deslocamentos longitudinal e transversal  $x$ ,  $y$  e  $h$ .

O estado da superfície de escorregamento e das respectivas fixações deve constar do relatório, sempre que estes componentes estejam à vista.

Não é necessária nenhuma intervenção se  $h$  for maior que 0,5 mm.

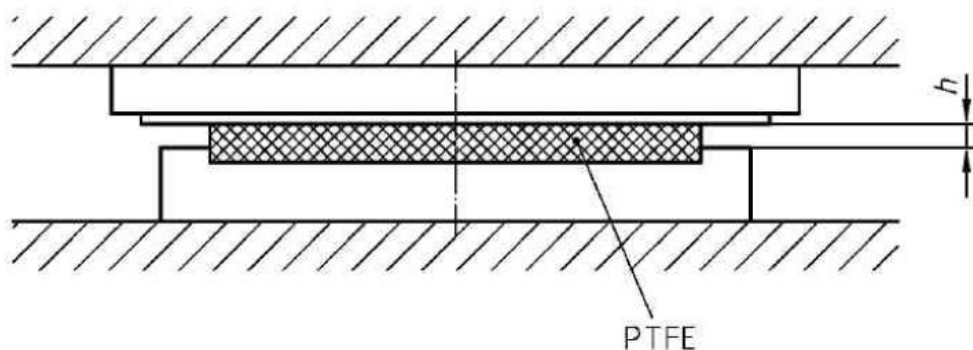


Figura A.16: indicação da medição da medida  $h$  (fonte: (AGOM, 2013c))

Se não for respeitada a condição anterior, o aparelho de apoio deve ser substituído por um procedimento adequado, indicado pelo projetista da estrutura, a fim de assegurar que são evitados danos na estrutura e garantir que há condições de segurança durante a substituição do aparelho de apoio.

Os técnicos da MEEC-PE/Agom devem ser informados no caso de substituição dos aparelhos de apoio.

iii) Recetáculo dos aparelhos de apoio

Na inspeção principal dos aparelhos de apoio dever-se-á registrar os valores de  $S1_{\text{mín.}}$  e  $S1_{\text{máx.}}$  (ver figura A.17). Caso o valor de  $S1_{\text{mín.}}$  seja maior que 5mm não é necessária nenhuma intervenção.

Se não for respeitada a condição anterior, o aparelho de apoio deve ser substituído por um procedimento adequado, indicado pelo projetista da estrutura, a fim de assegurar que são evitados danos na estrutura e garantir que há condições de segurança durante a substituição do aparelho de apoio. Os técnicos da MEEC-PE/Agom devem ser oficialmente notificados no caso de substituição dos aparelhos de apoio.

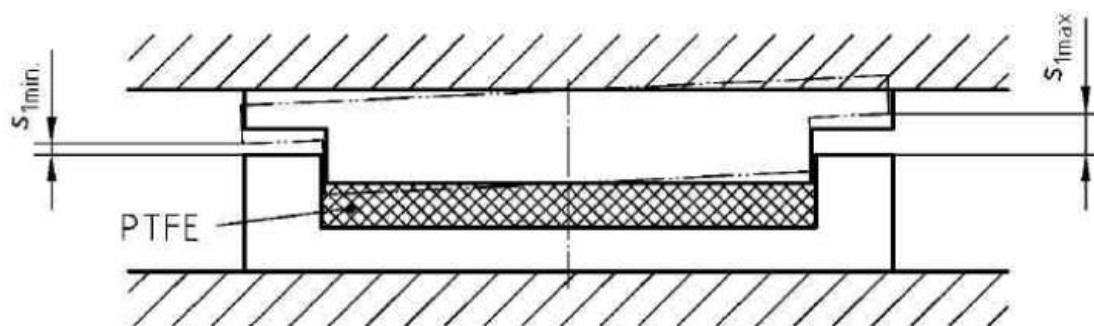


Figura A.17: indicação da medição de S1 e de S2 (fonte: (AGOM, 2013c))

O relatório de inspeção dos aparelhos de apoio deve ser elaborado em conformidade com o Anexo B da norma EN1337-10 e os dados devem ser registados no “Relatório de inspeção de aparelhos de apoio” (ver as páginas seguintes).

O “Relatório de inspeção de aparelhos de apoio” deve ser preenchido na íntegra e devem-lhe ser anexados todos os registos fotográficos necessários que mostrem os aparelhos de apoio e seus defeitos ou danos menores e/ou maiores (se os houver).

O relatório deve ser arquivado com as plantas e desenhos da estrutura, devendo uma cópia ser enviada à MEEC-PE/Agom para efeitos de validade da garantia.

Se depois da inspeção principal for necessário proceder à manutenção dos aparelhos de apoio, todas as operações devem obedecer ao disposto no “Manual de Instalação e Manutenção – Aparelhos de Apoio” da Agom, devendo ser remetidos à MEEC-PE/Agom um relatório e uma descrição exata da manutenção executada para efeitos de validade da garantia.

E) RELATÓRIO DE INSPECÇÃO DE APARELHOS DE APOIO

Página #..... de .....

Estrutura: .....

Nome do Inspector: .....Empresa: .....

Ano de construção: .....

Data da inspecção: .....

Temperatura actual da estrutura: .....

Tipo de inspecção realizada:

- Inspecção após instalação ☐

- Inspecção Principal ☐

- Inspecção periódica ☐

Todos os dados verificados foram registados nas fichas de registo n.º ..... anexas.

Número ..... de registos fotográficos, que comprovam os resultados de cada inspecção, encontrando-se igualmente em anexo.

AGOM International srl

Assinatura do Inspector

.....

(após recepção)

data

data

.....

.....

			Apoio ... .....	Apoio ... .....
1	Localização do dispositivo de apoio/Identificação (ver 7.3 da norma EN 1337-1)			
2	Tipo de dispositivo de apoio (ver quadro 1 da norma EN 1337-1)			
3	Desenho n.º			
4	Movimentos e rotações do dispositivo de apoio			
	Translação longitudinal	vx (mm)		
	Translação transversal	vy (mm)		
	Rotação longitudinal	ax (graus)		
	Rotação transversal	ay (graus)		
	Nota: Um sinal positivo indica uma direcção oposta à do ponto fixado da estrutura e virado para baixo se disser respeito ao movimento vertical.			
5	Elemento de escorregamento dos aparelhos de apoio móveis com receptáculo: Folga	h (mm)		
6	Defeitos na fixação do elemento de escorregamento de aparelhos de apoio móveis e estado da chapa de aço inoxidável em contacto com PTFE			
7	Receptáculo dos dispositivos de apoio com receptáculo:	S1 mín. (mm)		
		S1 máx. (mm)		
8	Cobertura de protecção	necessária		
		instalada		
9	Indicador de movimentos	necessário		
		instalado		
10	Protecção anticorrosiva			
11	Posição e estado das chapas exteriores/fixações			
12	Danos nos elementos de aço			
13	Estado dos elementos estruturais adjacentes (estrutura, argamassa, encaixes)			
14	Observações (p. ex., ruído inesperado, sujidade, etc.)			
15	Resultados da inspecção, medidas necessárias (correção, substituição, reparação, etc.) (se necessário, use outra ficha adequada)			
16	Próxima inspecção (ano)			
17	Registos fotográficos anexos	desde/até	/	/

## F) PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO NÃO APARENTES UTILIZADO PELA MEEC-PE

Os procedimentos descritos a seguir são os recomendados pela Ennis-Flint e utilizados pela MEEC-PE na aplicação em Portugal:

### 1. Marcação

Os limites da junta de dilatação são definidos, normalmente numa faixa com uma largura de 40 a 50cm (ver figura A.18), e posteriormente cortados com máquina de corte na profundidade necessária para atingir o betão do tabuleiro e do encontro; Exceto quando exigido, a junta é centrada com o intervalo entre o encontro e o tabuleiro.



Figura A.18: Marcação para o corte do pavimento

### 2. Escavação

Após a marcação dos limites da junta procede-se à remoção do pavimento existente até atingir o betão do encontro e do tabuleiro; Este processo é efetuado por meio de martelo pneumático ou elétrico tal como se ilustra na figura A.19;

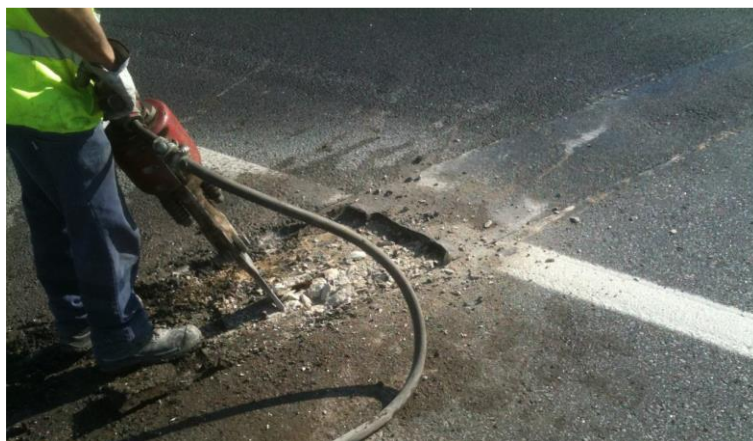


Figura A.19: remoção do pavimento com martelo pneumático

### 3. Limpeza da base estrutural

A totalidade da zona da junta deve ser limpa de detritos resultantes da remoção do pavimento e seca por meio de ar comprimido, como ilustra a figura A.20.

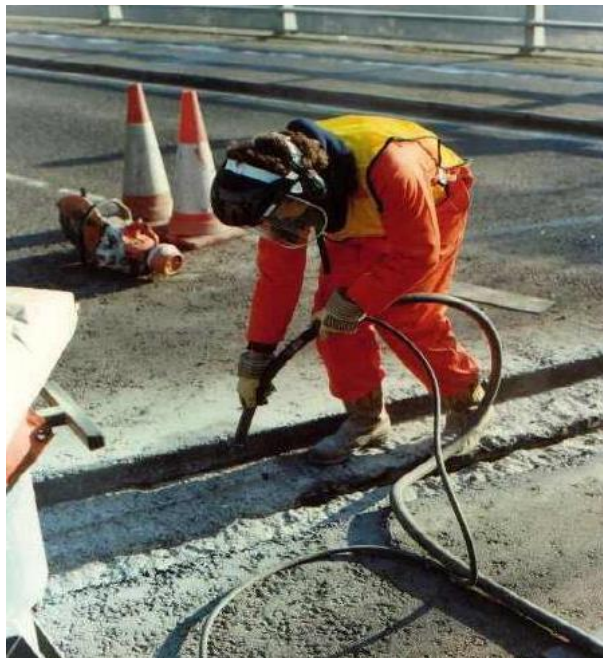


Figura A.20: Limpeza do betão com ar comprimido

### 4. Reparação

Se se verificar a substituição de juntas aparentes por não aparentes, devem-se remover os varões e porcas das juntas antigas por meio de rebarbadora; Após a remoção do pavimento ou da junta antiga, por vezes a base de betão do tabuleiro/encontro pode ficar danificada; Nestes casos procede-se à reparação por meio de argamassa de alta resistência como pode ser visualizado na figura A.21;



Figura A.21: Reparação da base de betão



## 5. Calafetagem

O intervalo entre o encontro e o tabuleiro é preenchido por material resistente ao calor (ver figura A.22); A superfície deste material distancia-se de 25mm com o topo do betão;



Figura A.22: Calafetagem do intervalo entre o encontro e o tabuleiro

## 6. Impermeabilização

Após a limpeza e regularização da mesa da junta, é colocada uma camada do produto betuminoso BJ200ST, quente, de modo a providenciar uma película impermeável (ver figura A.23);

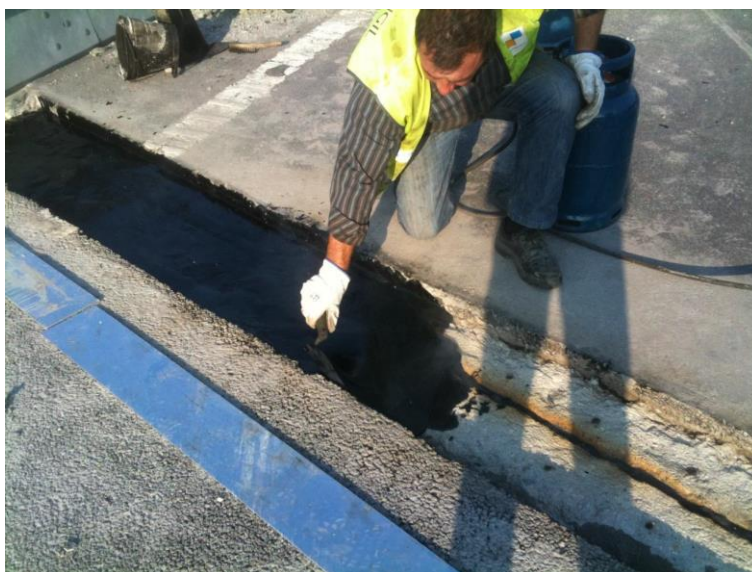


Figura A.23: Impermeabilização e regularização da mesa da junta

## 7. Colocação da chapa

Após a camada impermeabilizante, coloca-se uma chapa de aço para colmatar o intervalo entre o encontro e o tabuleiro, conforme ilustra a figura A.24; De seguida esta é revestida com o produto betuminoso; As dimensões desta chapa são em função da altura da junta e da distância do intervalo entre o encontro e o tabuleiro.



Figura A.24: Colocação da chapa metálica

## 8. Preparação do material

- Agregado: O agregado deve ser limpo de vestígios de pó, seco, e aquecido num tambor misturador especialmente preparado para esta operação até uma temperatura aproximada de 150°C.

- Betuminoso: O produto betuminoso, BJ200ST, deve ser aquecido a uma temperatura entre os 170°C e os 190°C numa caldeira como a ilustrada na figura A.25 (à direita).

Junta-se o agregado quente com o produto betuminoso num tambor misturador (ver figura A.25, à esquerda) e posteriormente coloca-se a mistura na junta até ligeiramente acima da superfície do tapete betuminoso como pode ser visualizado na figura A.26.



Figura A.25: Tambor misturador de mistura dos materiais e caldeira pra aquecimento do BJ200





Figura A.26: Colocação da mistura no intervalo

#### 9. Compactação

A compactação efetua-se após a colocação da última mistura betuminoso/agregado com placa vibratória (ver figura A.27) ou rolo compactador, em que a sua superfície de contacto deve ser previamente humedecida;



Figura A.27: Compactação da junta

#### 10. Filme superficial

Após a compactação, limpa-se a superfície circundante e coloca-se uma fina camada, aproximadamente de 1mm, de produto betuminoso (ver figura A.28 a direita) de modo a evitar algum vazio existente; Coloca-se fita lateralmente, (ver figura A.28 à esquerda) para evitar algum derrame lateral que é posteriormente retirada;



Figura A.28: Fita anti derrame e colocação da camada de betuminoso

#### 11. Revestimento superficial

Deve ser aplicado uma capa de agregado fino sob o filme superficial de betuminoso de modo a criar um revestimento superficial para desgaste à passagem das viaturas.

## *Aparelhos de Apoio*

---

# MANUAL de REPARAÇÃO de PINTURA

---

## 1. Sumário

Este documento descreve o procedimento de manutenção de pintura em aparelhos de apoio da Agom fornecidos pela Mota-Engil.

## 2. Referências normativas

EN1337-1:2000, *Structural bearings – Part 1: General design rules*

EN1337-9:1997, *Structural bearings – Part 9: Protection*

EN1337-10, *Structural bearings – Part 10: Inspection and maintenance*

EN1337-11, *Structural bearings – Part 11: Transport, storage and installation*

## 3. Procedimento de manutenção

Para parar o processo de oxidação, é necessário reparar a capa de tinta danificada. Aqui é feita a descrição do procedimento necessário:

- a) Verificar todos os defeitos visíveis na pintura e remover algumas partes onde a ferrugem ainda não está presente mas em que a pintura não está aderente ao aço.



Superfície de Aço Inox

**Se houver uma superfície de deslizamento, prestar atenção para não danificar a superfície do espelho de aço inox.**

- b) Remover a ferrugem e a pintura danificada utilizando uma escova metálica e uma lixa de areia.



**Se houver uma superfície de deslizamento, prestar atenção para não danificar a superfície do espelho de aço inox**

c) Para serem pintadas, as superfícies devem estar limpas e secas: remover das placas de aço sujidades, poeiras, óleos, gorduras e outros produtos contaminantes utilizando um diluente celuloso.

d) Utilizando uma trincha de tamanho médio, aplicar o primário.

- Primário C-Pox ST 170 da CIN ou equivalente.
- Proporções (em volume): Resina 7N-171 1 parte

Cura 7N-172 1 parte

- Tempo de secagem:

	30°C	20°C	10°C
Ao tacto	2 horas	4 horas	18 horas
Total	4 horas	15 horas	35 horas
Cura completa	3 dias	5 dias	16 dias
Repintura (min)	3 horas	15 horas	35 horas
(max)	Ilimitado		

e) Utilizando uma trincha de tamanho médio, aplicar a tinta de acabamento.

- Tinta de acabamento C-THANE S258 da CIN ou equivalente
- Proporções (em volume): Resina 7P-259 4 parte

Cura 7P-299 1 parte

- Tempo de secagem:

a 20°C e 50 µm:

Ao tacto: 1 a 2 horas

Total: 12 horas

Repintura: Min: 4 horas - Max: Ilimitado

Os tempos de secagem dependem da temperatura, ventilação e espessura da película.

- Deverão ser aplicadas 1-2 demãos de tinta para obter a espessura de tinta recomendada.

**Se houver uma superfície de deslizamento, prestar atenção para não danificar a superfície do espelho de aço inox**



# **ANEXO II**

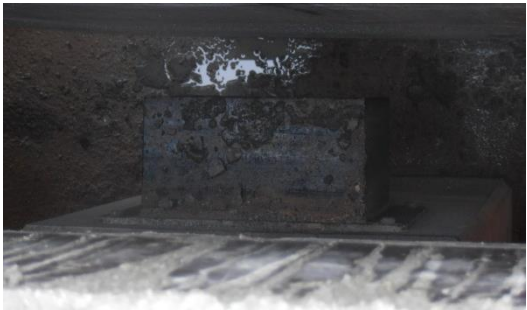


## **CASOS DE ESTUDO – APARELHOS DE APOIO**













## Caso 1: Viaduto sobre a Ribeira dos Braçais

### 1. Listagem de anomalias, causas, consequências, reparação e Ação preventiva

<b>Anomalia:</b> Batentes com <i>grout</i>	
<b>Causa:</b> queda durante o nivelamento da base da junta de dilatação	
<b>Consequência:</b> sujidade diminui a vida útil do batente	
<b>Reparação:</b> limpeza do batente; limpeza dos elementos metálicos	
<b>Ação preventiva:</b> colocação de um plástico a envolver o batente durante a execução da junta de dilatação	
<b>Anomalia:</b> Base dos batentes com indícios de oxidação	
<b>Causa:</b> mau manuseamento e sujidade acumulada	
<b>Consequência:</b> degradação do aparelho; diminuição da vida útil	
<b>Reparação:</b> limpeza do batente; limpeza dos elementos metálicos; aplicação do procedimento de reparação de pintura	
<b>Ação preventiva:</b> manuseamento dos aparelhos com uma grua; reparação imediata quando se fere a tinta durante a instalação do batente	
<b>Anomalia:</b> Aparelhos de apoio sem cortina de neoprene anti poeiras	
<b>Causa:</b> mau manuseamento	
<b>Consequência:</b> falta de proteção contra poeiras e humidade; mais rápida degradação do aparelho de apoio	
<b>Reparação:</b> retirar os restos de neoprene no aparelho de apoio e colocação de uma nova cortina	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários, fornecimento de uma checklist com os elementos a seguir durante, a montagem dos aparelhos de apoio	

<p><b>Anomalia:</b> Aparelhos de apoio com sujidade</p> <p><b>Causa:</b> falta de cuidado dos operário</p> <p><b>Consequência:</b> mais rápida degradação do aparelho de apoio</p> <p><b>Reparação:</b> limpeza do aparelho de apoio com jato de pressão de água</p> <p><b>Ação preventiva:</b> formação dos operários</p>	
<p><b>Anomalia:</b> Base dos aparelhos de apoio enterrada no <i>grout</i> do plinto</p> <p><b>Causa:</b> má execução do plinto</p> <p><b>Consequência:</b> dificuldade em futura reparações ou substituições dos aparelhos de apoio; implicará partir o plinto e refaze-lo</p> <p><b>Reparação:</b> não é aconselhado fazer alguma reparação a não ser se houver a necessidade de substituir o aparelho de apoio</p> <p><b>Ação preventiva:</b> formação dos operários; melhoria da execução da cofragem do plinto</p>	
<p><b>Anomalia:</b> Parafusos da chapa de travamento partidos</p> <p><b>Causa:</b> por não ter sido retirada a chapa de travamento; por ter sido retirada a chapa de travamento com recurso a um instrumento do tipo pé de cabra</p> <p><b>Consequência:</b> oxidação das fêmeas e alastramento da oxidação ao resto do aparelho</p> <p><b>Reparação:</b> retirar parafusos se remanescentes; limpar a zona degradada e aplicar o procedimento de reparação de pintura; tapar os buracos com silicone</p> <p><b>Ação preventiva:</b> retirar corretamente as chapas de travamento, antes de a estrutura entrar em funcionamento</p>	



<b>Anomalia:</b> Ponteiro da escala de controlo de deslocamentos dobrada	
<b>Causa:</b> mau manuseamento na instalação do aparelho de apoio	
<b>Consequência:</b> impossibilidade de monitorizar os deslocamentos do aparelho de apoio, ao longo do tempo	
<b>Reparação:</b> nos casos em que for possível endireitar o ponteiro, senão substituição dos ponteiros	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários; instalação do ponteiro apenas no fim da instalação, antes de retirar as chapas de travamento	
<b>Anomalia:</b> Escala de deslocamentos ilegível ou retirada	
<b>Causa:</b> mau manuseamento do aparelho de apoio; falta de cuidado dos operários	
<b>Consequência:</b> impossibilidade de monitorizar os deslocamentos do aparelho de apoio ao longo do tempo	
<b>Reparação:</b> colocação de uma nova escala	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários	
<b>Anomalia:</b> Placas metálicas de aço inox para o deslizamento salpicadas com <i>grout</i>	
<b>Causa:</b> falta de cuidado durante a execução do plinto; inexistência da cortina anti poeiras	
<b>Consequência:</b> maior dificuldade do aparelho em sofrer deslocamentos; rápida danificação da placa de aço inox; rápida danificação da placa de teflon	
<b>Reparação:</b> raspar a placa e inox	
<b>Ação preventiva:</b> não retirar a cortina de neoprene; cuidado na execução do plinto	




<b>Anomalia:</b> Esquinas dos aparelhos de apoio enferrujadas	
<b>Causa:</b> mau manuseamento do aparelho de apoio; inexistência da cortina de neoprene; elevada humidade nos aparelhos de apoio	
<b>Consequência:</b> alastramento da superfície de oxidação; danificação do aparelho de apoio; redução da vida útil	
<b>Reparação:</b> limpeza dos elementos metálicos; aplicação do procedimento de reparação de pintura	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários, arejamento da zona do aparelho de apoio; não retirar a cortina de neoprene; reparação imediata quando se fere a tinta durante a instalação do aparelho de apoio	
<b>Anomalia:</b> Chapa com informação do aparelho ilegível	
<b>Causa:</b> chapa coberta com goma ou dobrada	
<b>Consequência:</b> impossibilidade de reconhecimento futuro das características dos aparelhos de apoio	
<b>Reparação:</b> limpeza; endireitamento ou substituição da chapa	
<b>Ação preventiva:</b> não retirar a cortina de neoprene	








## Caso 2: Viaduto do Vale do Inferno

### 1. Listagem de anomalias, causa, consequência, reparação e Ação preventiva

<b>Anomalia:</b> Base dos batentes enferrujada	
<b>Causa:</b> mau manuseamento dos batentes	
<b>Consequência:</b> diminuição da vida útil dos batentes	
<b>Reparação:</b> limpeza do batente; limpeza dos elementos metálicos; aplicação do procedimento de reparação de pintura	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários; reparação imediata quando se fere a tinta durante a instalação do batente	
<b>Anomalia:</b> face do batente não está totalmente encostada ao betão, parafusos torto	
<b>Causa:</b> face de betão onde assenta o batente não está corretamente nivelada; má instalação do batente e tentativa de ação corretiva com recurso a força, furação para os parafusos mal efetuada	
<b>Consequência:</b> pior funcionamento do batente; esforço na base do batente suportada pelo aço e não pelo betão, maior facilidade em partir o parafuso; diminuição da vida útil do batente	
<b>Reparação:</b> retirar a base do batente e nivelar a face do betão onde assenta o batente	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários sensibilizando-os para a instalação correta dos aparelhos e notificação de chefias em caso de incorreta montagem do aparelho	
<b>Anomalia:</b> Aparelhos de apoio sem cortina de neoprene anti poeiras – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Aparelhos de apoio com sujidade – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Base dos aparelhos de apoio enterrada no <i>grout</i> do plinto – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Parafusos da chapa de travamento partidos – equivalente a Caso 1	

<b>Anomalia:</b> Ponteiro da escala de controlo de deslocamentos dobrada e falta de escala	
<b>Causa:</b> mau manuseamento na instalação do aparelho de apoio	
<b>Consequência:</b> impossibilidade de monitorizar os deslocamentos do aparelho de apoio ao longo do tempo	
<b>Reparação:</b> nos casos em que for possível endireitar o ponteiro; senão substituição dos ponteiros	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários; instalação do ponteiro apenas antes de retirar as chapas de travamento	
<b>Anomalia:</b> Escala de deslocamentos ilegível ou retirada – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Placas metálicas de aço inox para o deslizamento salpicadas com <i>grout</i> – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Esquinas dos aparelhos de apoio enferrujadas	
<b>Causa:</b> mau manuseamento do aparelho de apoio	
<b>Consequência:</b> aumento da velocidade de oxidação; diminuição da vida útil do aparelho de apoio	
<b>Reparação:</b> limpeza do batente; limpeza dos elementos metálicos; aplicação do procedimento de reparação de pintura	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários; reparação imediata quando se fere a tinta durante a instalação do batente	
<b>Anomalia:</b> Chapa com informação do aparelho ilegível – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Aparelhos com grande quantidade de água condensada na superfície	
<b>Causa:</b> escoamento das águas da junta de dilatação feito na zona do aparelho de apoio	
<b>Consequência:</b> aumento da velocidade de oxidação; diminuição da vida útil do aparelho de apoio	
<b>Reparação:</b> reparação das zonas oxidadas com a aplicação do procedimento de pintura	
<b>Ação preventiva:</b> condução das águas pluviais das juntas de dilatação até à extremidade da obra de arte	




<b>Anomalia:</b> Borracha anti poeiras entre panela e base superior retirada / parcialmente fora do sítio	
<b>Causa:</b> mau manuseamento pelos operários; falta de conhecimento relativamente à sua utilidade	
<b>Consequência:</b> entrada de poeiras no interior do aparelho de apoio; redução da performance deste; diminuição da vida útil	
<b>Reparação:</b> recolocação de uma nova borracha anti poeiras	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários	




<p><b>Anomalia:</b> Goma nas paredes das bases e da panela e nos parafusos da base inferior</p>	
<p><b>Causa:</b> má execução da cofragem do plinto superior</p>	
<p><b>Consequência:</b> degradação da tinta do aparelho; ilegibilidade da chapa com informação do aparelho de apoio</p>	
<p><b>Reparação:</b> limpeza com pressão de água; reparação das zonas afetadas com aplicação do procedimento de pintura</p>	
<p><b>Ação preventiva:</b> limpeza do aparelho de apoio no fim de efetuar o enchimento da cofragem</p>	
<p><b>Anomalia:</b> Panela do aparelho de apoio partido; prato superior deformado; neoprene deformado; anéis de contenção partidos</p>	
<p><b>Causa:</b> deslocamento transversal do tabuleiro de aproximadamente 20cm por falta de travamento transversal da viga</p>	
<p><b>Consequência:</b> rotura do aparelho de apoio</p>	
<p><b>Reparação:</b> substituição total do aparelho de apoio</p>	
<p><b>Ação preventiva:</b> verificar o travamento das vigas antes da colocação em funcionamento dos aparelhos de apoio</p>	
	



### Caso 3: PS2 Lote 3




#### 1. Listagem de anomalias, causa, consequência, reparação e Ação preventiva

<p><b>Anomalia:</b> Cortina de neoprene rasgada</p> <p><b>Causa:</b> mau manuseamento dos operários; fragilização do neoprene por contacto com a goma</p> <p><b>Consequência:</b> falta de proteção conta poeiras, humidade, etc.</p> <p><b>Reparação:</b> remoção da cortina degradada e substituição</p> <p><b>Ação preventiva:</b> colocação da cortina de neoprene apenas no final da instalação do aparelho de apoio</p>	
<p><b>Anomalia:</b> Aparelhos de apoio com lama e cascalho</p> <p><b>Causa:</b> falta de proteção da obra de arte na colocação do aterro nos muros ala</p> <p><b>Consequência:</b> aumento da velocidade de degradação dos elementos de neoprene e metálicos do aparelho de apoio</p> <p><b>Reparação:</b> remoção das lamas e cascalho, limpeza do aparelho de apoio com jato de água</p> <p><b>Ação preventiva:</b> colocação de um elemento, p.e. de madeira, que impeça as lamas e cascalho de se alastrarem aos encontros da obra de arte</p>	
<p><b>Anomalia:</b> Chapas de travamento por retirar</p> <p><b>Causa:</b> ignorância dos operários</p> <p><b>Consequência:</b> quebra das chapas de travamento aquando do movimento do tabuleiro da ponte; quebra dos parafusos; oxidação das zonas afetadas</p> <p><b>Reparação:</b> retirar parafusos se remanescentes; limpar a zona degradada e aplicar o procedimento de reparação de pintura</p> <p><b>Ação preventiva:</b> inspeção no final da montagem para garantir que é retirada a chapa</p>	



<b>Anomalia:</b> Ponteiro da escala de controlo de deslocamentos dobrado	
<b>Causa:</b> mau manuseamento na instalação do aparelho de apoio	
<b>Consequência:</b> impossibilidade de monitorizar os deslocamentos do aparelho de apoio ao longo do tempo	
<b>Reparação:</b> nos casos em que for possível endireitar o ponteiro; senão substituição dos ponteiros	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários; instalação do ponteiro apenas antes de retirar as chapas de travamento	
<b>Anomalia:</b> Goma a tapar a escala de deslocamentos	
<b>Causa:</b> má execução da cofragem do plinto superior	
<b>Consequência:</b> impossibilidade de monitorizar os deslocamentos do aparelho de apoio ao longo do tempo	
<b>Reparação:</b> substituição da escala	
<b>Ação preventiva:</b> limpeza do aparelho de apoio no fim de efetuar o enchimento da cofragem; colocação da escala antes de retirar as chapas de travamento	
<b>Anomalia:</b> Ferro da armadura passiva a sair debaixo do aparelho de apoio	
<b>Causa:</b> não foi efetuada a limpeza do encontro antes da colocação do aparelho de apoio	
<b>Consequência:</b> base do aparelho de apoio não está totalmente apoiada no plinto	
<b>Reparação:</b> corte da armadura	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários	

#### Caso 4: Nó de Soure

##### 1. Listagem de anomalias, causa, consequência, reparação e Ação preventiva

<b>Anomalia:</b> Parafusos da chapa de travamento partidos	
<b>Causa:</b> por não ter sido retirada a chapa de travamento; por ter sido retirada a chapa de travamento com recurso a um instrumento do tipo pé de cabra	
<b>Consequência:</b> oxidação das fêmeas e alastramento da oxidação ao resto do aparelho	
<b>Reparação:</b> retirar parafusos se remanescentes; limpar a zona degradada e aplicar o procedimento de reparação de pintura; tapar os buracos com silicone	
<b>Ação preventiva:</b> inspeção no final da montagem para garantir que é retirada a chapa correctamente	
<b>Anomalia:</b> Chapas de travamento por retirar	
<b>Causa:</b> ignorância dos operários	
<b>Consequência:</b> quebra das chapas de travamento aquando do movimento do tabuleiro da ponte; quebra dos parafusos; oxidação das zonas afetadas	
<b>Reparação:</b> retirar parafusos se remanescentes; limpar a zona degradada e aplicar o procedimento de reparação de pintura; tapar os buracos com silicone	
<b>Ação preventiva:</b> inspeção no final da montagem para garantir que é retirada a chapa	
<b>Anomalia:</b> Goma no intervalo entre a panela e o prato superior	
<b>Causa:</b> má execução da cofragem do plinto superior	
<b>Consequência:</b> redução da possibilidade de rotação do aparelho de apoio, mais rápida degradação dos componentes do aparelho	
<b>Reparação:</b> limpeza das áreas afetadas e remoção da goma; limpeza e aplicação do procedimento de reparação de pintura	
<b>Ação preventiva:</b> limpeza do aparelho de apoio no fim de efetuar o enchimento da cofragem	




<p><b>Anomalia:</b> Chapa com informação do aparelho ilegível</p> <p><b>Causa:</b> chapa com salpicos de goma; aparelho de apoio aplicado na posição errada (com chapa voltada para os lados ou para trás)</p> <p><b>Consequência:</b> impossibilidade de reconhecimento futuro das características dos aparelhos de apoio</p> <p><b>Reparação:</b> limpeza; colocação de uma nova chapa</p> <p><b>Ação preventiva:</b> não retirar a cortina de neoprene; formação dos operários; fiscalização das posições dos aparelhos antes de estes serem chumbados à base</p>	
<p><b>Anomalia:</b> Aparelho de apoio montado no eixo errado</p> <p><b>Causa:</b> ignorância dos operários; falta de fiscalização durante o procedimento de montagem</p> <p><b>Consequência:</b> se o aparelho for fixo não se vê a chapa informativa; se os aparelhos forem multidirecionais estes não estarão preparados para respeitar os deslocamentos projetados</p> <p><b>Reparação:</b> no primeiro caso, colocação de chapa informativa nova; no segundo caso, a ponte terá de ser levantada e o aparelho colocado na sua posição correta</p> <p><b>Ação preventiva:</b> fiscalização das posições dos aparelhos antes de estes serem chumbados à base</p>	
<b>Anomalia:</b> Ponteiro da escala de controlo de deslocamentos dobrada – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Escala de deslocamentos ilegível ou retirada – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Esquinas dos aparelhos de apoio enferrujadas – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Aparelhos com grande quantidade de água condensada na superfície – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Sem cortina de neoprene ou com cortina de neoprene rasgada – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Base dos aparelhos de apoio enterrada no <i>grout</i> do plinto – equivalente a Caso 1	
<b>Anomalia:</b> Com sujidade no aparelho de apoio – equivalente a Caso 1	

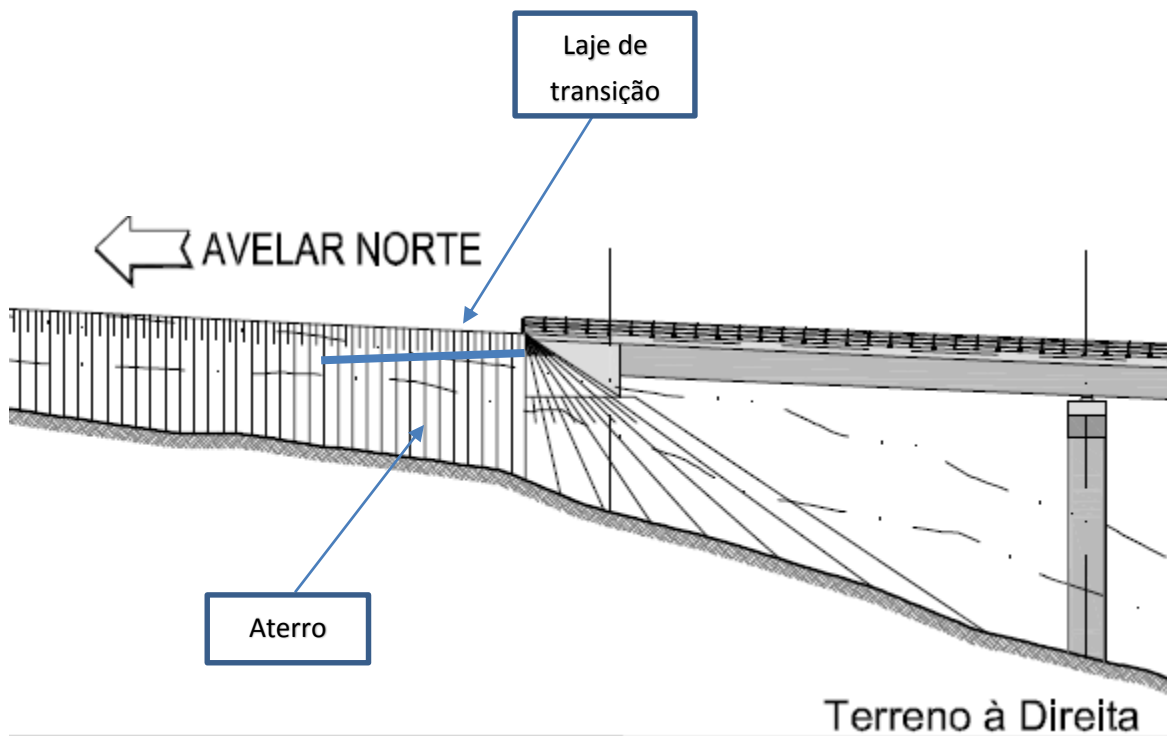
# **ANEXO III**

## **CASOS DE ESTUDO – JUNTAS DE DILATAÇÃO**




### Caso 1: Lote 2 – Pinhal Interior


<b>Anomalia:</b> fissuração transversal do betuminoso	
<b>Causa:</b> provável assentamento da laje de transição ou do respetivo aterro	
<b>Consequência:</b> desconforto para o utente, infiltração de água no betão da laje de transição e da obra de arte	
<b>Reparação:</b> selagem com epoxi	
<b>Ação preventiva:</b> verificação do grau de compactação do aterro antes de efetuar a pavimentação	



### Caso 2: Lote 7

<b>Anomalia:</b> deterioração de banda de transição	
<b>Causa:</b> maus cuidados na reparação do pavimento adjacente	
<b>Consequência:</b> desconforto para o utilizador da via; projeção de partículas destacadas; exposição dos elementos laterais da junta ao impacto do tráfego; danificação a longo prazo dos materiais da junta	
<b>Reparação:</b> substituição integral ou parcial da banda de transição	
<b>Ação preventiva:</b> formação dos operários; reparação imediata após danificação	



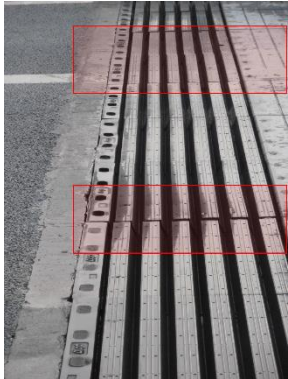
### Caso 3: PS5 Lote 10



<b>Anomalia:</b> afastamento do betuminoso da banda de transição	
<b>Causa:</b> provável assentamento da laje de transição ou do respetivo aterro	
<b>Consequência:</b> infiltrações de água; deterioração da banda de transição e do pavimento adjacente	
<b>Reparação:</b> preenchimento da abertura com epoxi	
<b>Ação preventiva:</b> verificação do grau de compactação do aterro antes de efetuar a pavimentação	




## Manutenção da A7 - Sublanço Selho/Fafe

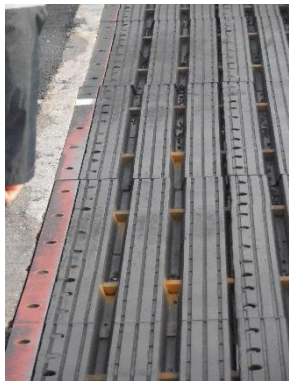
### Caso 4: Viaduto de Calvos

<p><b>Anomalia:</b> deterioração de banda de transição</p> <p><b>Causa:</b> maus cuidados na reparação do pavimento adjacente</p> <p><b>Consequência:</b> desconforto para o utilizador da via; projeção de partículas destacadas; exposição dos elementos laterais da junta ao impacto do tráfego; danificação a longo prazo dos materiais da junta</p> <p><b>Reparação:</b> substituição integral ou parcial da banda de transição</p> <p><b>Ação preventiva:</b> formação dos operários; reparação imediata após danificação</p>	
<p><b>Anomalia:</b> Deterioração / ausência do preenchimento dos negativos dos parafusos</p> <p><b>Causa:</b> material de selagem de má qualidade ou inapropriado vida útil do material ultrapassada</p> <p><b>Consequência:</b> deterioração dos elementos de fixação por oxidação</p> <p><b>Reparação:</b> selagem dos alvéolos de fixação</p> <p><b>Ação preventiva:</b> fiscalização periódica dos alvéolos de fixação</p>	
<p><b>Anomalia:</b> Deformação da junta</p> <p><b>Causa:</b> módulo partido ou mesa de apoio deformada</p> <p><b>Consequência:</b> deformação contribui para uma maior degradação dos materiais da junta e dos elementos da obra de arte aos quais esta se associa</p> <p><b>Reparação:</b> substituição do módulo no primeiro caso e levantamento e reparação da mesa de apoio no segundo caso</p> <p><b>Ação preventiva:</b> fiscalização periódica</p>	

<b>Anomalia:</b> destaque de material de junta	
<b>Causa:</b> vida útil do material de desgaste ultrapassada	
<b>Consequência:</b> destaque progressivo do material da junta; projeção de partículas destacadas; risco de acidente de tráfego; oxidação das chapas de reforço	
<b>Reparação:</b> substituição do módulo; troca do módulo central com o módulo da berma	
<b>Ação preventiva:</b> fiscalização das juntas	
<b>Anomalia:</b> oxidação de elementos metálicos	
<b>Causa:</b> tratamento anticorrosivo dos metais deficiente; vida útil do material ultrapassada; tempo excessivo sem efetuar manutenção	
<b>Consequência:</b> funcionamento deficiente da junta	
<b>Reparação:</b> reabilitação do tratamento anticorrosivo dos elementos metálicos; substituição dos módulos	
<b>Ação preventiva:</b> fiscalização; reparação e pintura dos módulos quando surgem indícios de oxidação	

#### Caso 5: Viaduto de Insuas


<b>Anomalia:</b> Falta de elementos de fixação	
<b>Causa:</b> Corrosão da rosca do perno; desaperto da fêmea com a constante passagem de veículos	
<b>Consequência:</b> contribui para uma maior degradação dos materiais da junta e das bandas de transição	
<b>Reparação:</b> instalação de novas fêmeas e se necessário substituição dos pernos de fixação	
<b>Ação preventiva:</b> fiscalização dos elementos de fixação	
<b>Anomalia:</b> Deterioração / ausência do preenchimento dos negativos dos parafusos – equivalente a Caso 4	

<b>Anomalia:</b> Deformação da junta – equivalente a Caso 4	
<b>Anomalia:</b> Deterioração de banda de transição – equivalente a Caso 2	
<b>Anomalia:</b> Afastamento do betuminoso da banda de transição – equivalente a Caso 3	

### Caso 6: Viaduto de Nespereira

<b>Anomalia:</b> Deterioração da banda de transição – equivalente a Caso 2
<b>Anomalia:</b> Deterioração / ausência do preenchimento dos negativos dos parafusos – equivalente a Caso 4
<b>Anomalia:</b> Elementos de fixação soltos ou ausentes – equivalente a Caso 4
<b>Anomalia:</b> Oxidação de elementos metálicos – equivalente a Caso 4

### Caso 7: PI 1e 2

<b>Anomalia:</b> Desnível entre betuminosos e banda de transição devido a repavimentações	
<b>Causa:</b> depois do trabalho de reabilitação do pavimento, não é feita nenhuma adaptação do pavimento à junta de dilatação	
<b>Consequência:</b> cria desconforto ao utente da via; provoca degradação do pavimento instalado por constante choque dos veículos	
<b>Reparação:</b> a banda de transição deve ser refeita	
<b>Ação preventiva:</b> equipa de reabilitação de juntas de dilatação associada aos trabalhos de reabilitação de pavimentos	
<b>Anomalia:</b> Deterioração da banda de transição – equivalente a Caso 2	
<b>Anomalia:</b> Elementos de fixação soltos ou ausentes – equivalente a Caso 4	
<b>Anomalia:</b> Deterioração / ausência do preenchimento dos negativos dos parafusos – equivalente a Caso 4	

#### **Caso 8: Viaduto sobre o Rio Cabra**

<b>Anomalia:</b> Desnivelamento devido à repavimentação da banda de transição – equivalente a Caso 7
<b>Anomalia:</b> Deterioração da banda de transição – equivalente a Caso 2
<b>Anomalia:</b> Elementos de fixação soltos ou ausentes – equivalente a Caso 5
<b>Anomalia:</b> Deterioração / ausência do preenchimento dos negativos dos parafusos – equivalente a Caso 4

#### **Caso 9: Viaduto sobre o Rio Ferro**

<b>Anomalia:</b> Deterioração da banda de transição – equivalente a Caso 2
<b>Anomalia:</b> Afastamento do betuminoso da banda de transição – equivalente a Caso 3
<b>Anomalia:</b> Deterioração / ausência do preenchimento dos negativos dos parafusos – equivalente a Caso 4

#### **Caso 10: Viaduto do Selho**

<b>Anomalia:</b> Deterioração da banda de transição – equivalente a Caso 2
<b>Anomalia:</b> Afastamento do betuminoso da banda de transição – equivalente a Caso 3
<b>Anomalia:</b> Deterioração / ausência do preenchimento dos negativos dos parafusos – equivalente a Caso 4

# **ANEXO IV**

**MOTA-ENGIL REGISTRATION & CONTROL**

**CADERNO DE ENCARGOS • TERMOS DE REFERÊNCIA**







## Mota-Engil Registration & Control



Preparado por: Miguel Maia  
Data: 16/04/2014

## 1. Âmbito

A área de negócio do Pré-Esforço da “Mota-Engil Engenharia e Construção, S.A.” tem, entre outras atividades, o fornecimento de aparelhos de apoio e o fornecimento e instalação de juntas de dilatação. Pelo facto de a aplicação dos aparelhos de apoio não ser feita por mão-de-obra qualificada e pelo facto de os manuais de instalação serem longos e pouco amigáveis, verificam-se muitas anomalias na montagem destes equipamentos.

De um estudo elaborado na concessão do Lote 3 do Pinhal Interior foi possível concluir que 14 das 15 anomalias registadas eram devidas ao deficiente manuseamento e montagem dos Aparelhos de Apoio. Algumas dessas anomalias, além de diminuírem a durabilidade dos aparelhos em questão, comprometem o seu normal funcionamento, podendo originar consequências adversas para a própria obra de arte.

Apresentam-se abaixo fotografias do estado em que foram encontrados alguns aparelhos de apoio.



Figura 1: Parafusos partidos e consequente oxidação



Figura 2: Cortina e escala danificados e sem efeito



Figura 3: Aparelho danificado e com sujidade



Figura 4: Chapas de travamento por retirar; escala ilegível





Figura 5. Chapa de identificação ilegível



Figura 6: Grout a impedir o deslizamento do aparelho

## 2. Objetivo e justificação

A área de negócio de Pré-Esforço da Mota-Engil elaborou um projeto, **MERC webmobile**, que pretende:

- Apoiar a instalação e a inspeção dos aparelhos e juntas de dilatação;
- Identificar necessidades de manutenção dos equipamentos;
- Manter um registo central de todos os projetos, aparelhos de apoio, juntas de dilatação, instalações, inspeções e manutenções efetuadas.

A **MERC webmobile** é um projeto inovador que pretende a **diferenciação em relação às empresas concorrentes** tornando assim o departamento de Pré-Esforço mais competitivo e mais sustentável.

As mais-valias deste projeto são inúmeras, afetam todos os intervenientes no processo de comercialização e instalação de aparelhos de apoio e têm como palavras-chave: QUALIDADE, CUSTOS E COMUNICAÇÃO.

Esta aplicação permitirá **acrescentar valor aos três níveis de intervenientes** ajudando de forma inovadora e simples, cada uma das partes a melhorar a qualidade dos seus processos, a **reduzir custos**, principalmente no que toca à manutenção, e permitirá uma **comunicação constante** entre os intervenientes, elemento essencial numa era em que tendencialmente a globalização nos leva a intervir em países por todo o mundo.

Em seguida apresenta-se a forma como cada um dos intervenientes será afetado pela a **MERC webmobile**:

1. A **Mota-Engil, departamento de Pré-Esforço**, será afetada na medida em que, como fornecedor, garante um nível excecional de qualidade e controlo do produto ao cliente e um acompanhamento em obra constante sem a necessidade de deslocação de meios humanos. Do ponto de vista de organização interna permite a rastreabilidade dos produtos através de uma base de dados com toda a informação relativa aos projetos, à verificação inicial e durante o período de garantia dos aparelhos de apoio e juntas de dilatação. Assim garantir-se-á uma diminuição de custos na fase de assistência em garantia, uma responsabilização do empreiteiro geral na execução das suas funções e ainda uma maior facilidade na gestão dos processos.

2. Aos **Empreiteiros Gerais** garante um apoio constante, um acesso remoto e imediato a toda a informação relativa tanto aos equipamentos, como aos projetos nos quais se integram, como aos procedimentos corretos de instalação, evitando assim situações como as evidenciadas nas imagens acima apresentadas. À Mota-Engil, Engenharia e Construção, SA, afeta de maneira especial uma vez que dentro dos empreiteiros gerais que o departamento de pré-esforço fornece, este é o que tem a maior quota.
3. Ao **Dono de Obra**, sendo muitos destes clientes da Mota-Engil Engenharia e Construção ou empresas do grupo, afeta na medida em que estes recebem toda a informação da obra sobre o estado dos equipamentos, todas as inspeções e manutenções já efetuadas, e respetivos dados. Além disso facilitam muito o trabalho aos fiscais que não só podem documentar com fotografias e comentários os relatórios como no final da inspeção geram automaticamente um PDF com as necessidades de manutenção de todos os aparelhos de apoio e juntas de dilatação na obra de arte.
4. Finalmente e não menos importante, os **Utentes** da Via Pública beneficiam de uma redução dos transtornos provocados pelas operações de manutenção e reparação.

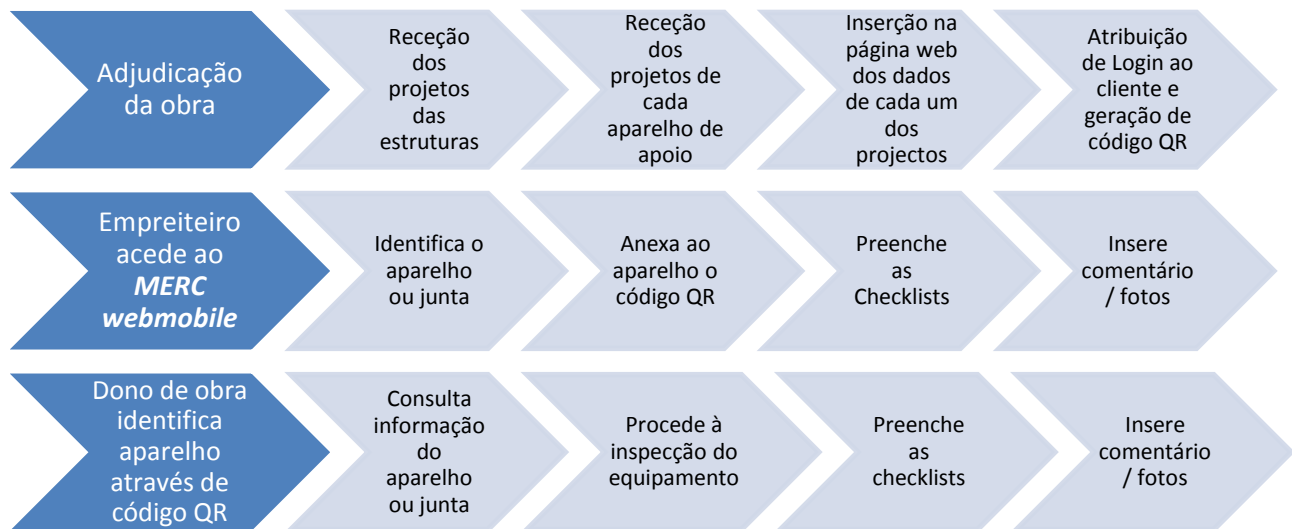
Desta forma a **MERC webmobile** contribuirá para um aumento da qualidade e eficiência dos serviços prestados tanto pela Mota-Engil departamento de Pré-esforço como pela Mota-Engil Engenharia e Construção, garantindo uma melhor comunicação e coordenação dos processos.

### 3. Descrição da solução

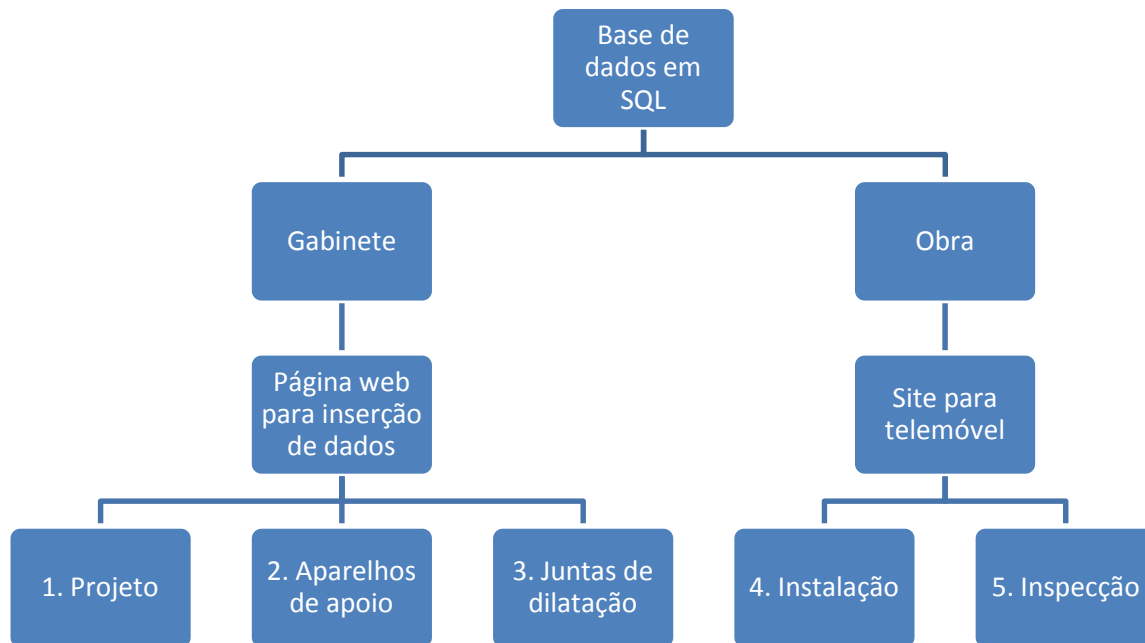
Este projeto será constituído por:

- Um website de acesso privado, para utilização em gabinete pela Mota-Engil Pré-Esforço, onde são caracterizados os projetos e os respetivos aparelhos de apoio e juntas de dilatação;
- Um website de acesso privado desenhado para smartphones, para utilização pelos responsáveis de obra e donos de obra, aquando da instalação, inspeção e manutenção dos aparelhos de apoio e juntas de dilatação.

### Fluxograma geral do site configurado para smartphone para obra



Para isto pretende-se criar uma Base de Dados com a seguinte árvore:



## Código QR

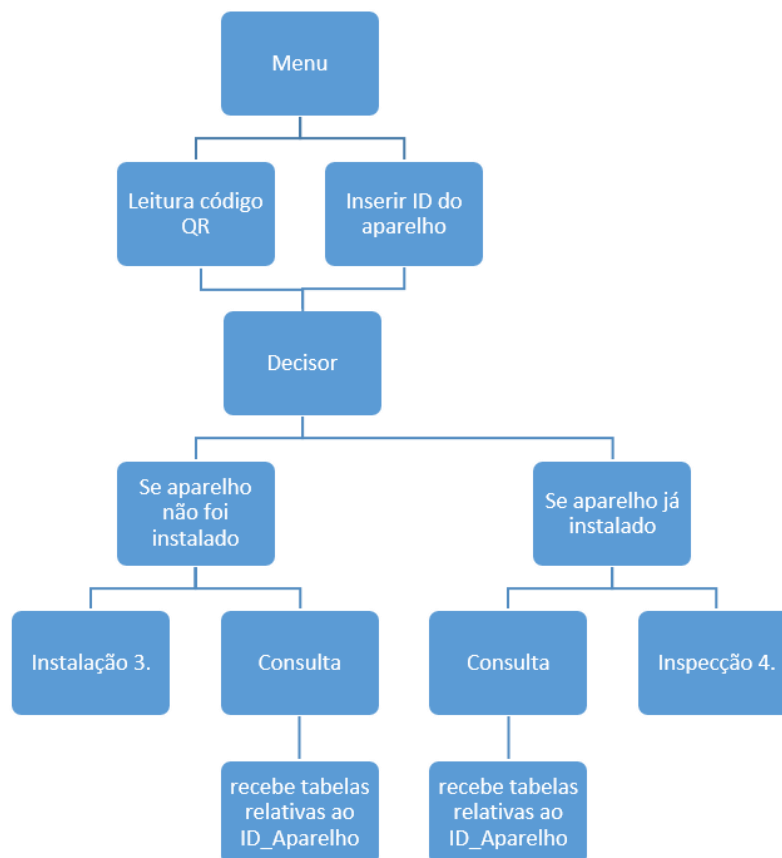
Para facilitar a identificação dos aparelhos de apoio e juntas de dilatação em obra foi sugerida a geração individual de um código QR que ficará colado ao aparelho de apoio.

O código QR é um código bidimensional que pode ser facilmente transformado em informação através da maioria dos equipamentos móveis, usando a câmara como leitor. A câmara recolhe alguns pontos da fotografia tirada e reconhece o código. Mesmo que o código esteja parcialmente ilegível, não deixa de ser identificável.

Assim, quando o fiscal ou o engenheiro quiser identificar as características de um aparelho de apoio ou de uma junta de dilatação, as ocorrências durante a instalação, as inspeções já efetuadas e as manutenções, bastará aproximar o seu smartphone ou tablet do aparelho de apoio e fotografar o código QR, tendo deste modo acesso imediato a toda a informação antes descrita.



## Processo de tratamento de dados



## 4. Custos

Depois de ter entrado em contacto com o Departamento de Inovação e Imagem da Mota-Engil e de este ter assumido falta de meios para elaborar o projeto apresentado e ter aconselhado uma contratação externa, o Departamento de Pré-esforço fez uma pesquisa de empresas fornecedoras destes serviços presentes no mercado.

Numa primeira fase foram pedidos orçamentos para este projeto a oito empresas, algumas das quais já trabalharam com a Mota-Engil e das quais apenas seis responderam.

	Preço Inicial	Preço Manutenção Anual	Tempo de execução
Bubble Surprise	6 750 €	300 €	1.5 meses
Tcase	7 000 €	325 €	1.5 meses
Luís M. Correia	8 000 €	150 €	2 meses
GoWEB	13 800 €	Não forneceu	2 meses
AMBISIG	14 500 €	Não forneceu	2 meses
Premium Minds	24 500 €	4 200 €	3 meses

Foram analisados os seis orçamentos e marcadas reuniões com as três empresas que ofereciam a solução que mais se aproximava dos nossos objetivos: a Tcase, a Luís M. Correia e a Bubble Surprise.

Após as reuniões realizadas e depois de ter renegociado as propostas com as três empresas achamos que a empresa que melhor servia os nossos objetivos era a Bubble Surprise.

Esta proposta tem um valor de 6 750 € relativo à elaboração do projeto e um valor de 300 € de manutenção anual do website, correspondente ao custo de servidor e de domínio. O pagamento do valor do projeto será efetuado a pronto em duas tranches de 50% cada, uma na apresentação do protótipo e a outra na entrega final.

É de notar que este projeto, por ter uma grande componente de inovação, poderá **ser objeto de candidatura a fundos europeus** disponíveis para este efeito.

É também importante referir que este produto, sendo totalmente inovador e estando associado aos produtos comercializados pelo nosso fornecedor, se torna **altamente vendável no futuro**.

## 5. Conclusões

A **MERC webmobile** é um projeto concebido para:

- Permitir a rastreabilidade dos produtos;
- Fazer o acompanhamento em obra sem necessidade de deslocação de meios humanos;
- Apoiar a instalação e a inspeção dos aparelhos instalados e juntas de dilatação;
- Identificar necessidades de manutenção dos equipamentos;
- Apoio constante ao empreiteiro geral com acesso remoto e imediato a toda a informação;
- Melhor controlo de qualidade;
- Facilitar o trabalho aos fiscais e intervenientes na obra.

A **MERC webmobile** é um projeto que tem como mais-valias:

- A diferenciação da concorrência;
- A diminuição de custos em prazo de assistência em garantia;
- A responsabilização do Empreiteiro Geral, libertando a Mota-Engil Departamento de Pré-Esforço de assegurar garantias quando os requisitos destas não são cumpridos;
- Globalização da informação;
- A possibilidade de futura venda do produto final.

Esta aplicação será disponibilizada a todos os intervenientes do processo de instalação e manutenção dos produtos e terá características adaptadas às necessidades de cada um.

Apesar do elevado custo inicial da aplicação, acreditamos que esta acrescentará valor à empresa, tanto de um ponto de vista de gestão interna como de confiança junto dos clientes, tornando este projeto num investimento para uma empresa mais competitiva, eficiente, sustentável e globalizada.



# **ANEXO V**

**MOTA-ENGIL REGISTRATION & CONTROL**  
**MANUAL DE FUNCIONAMENTO**





# MERC

---

W E B M O B I L E

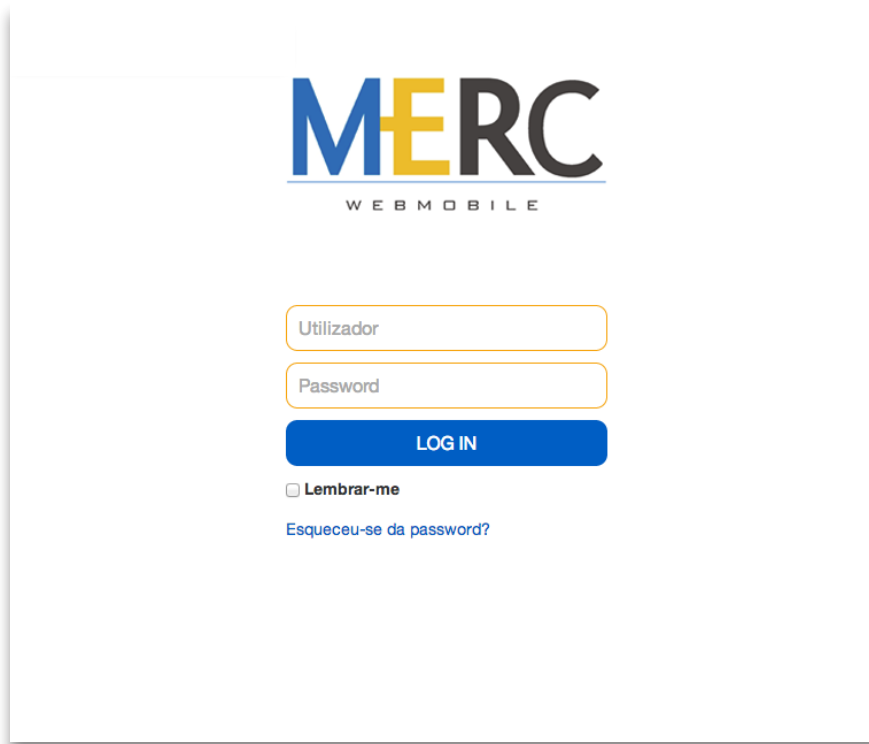
---

MANUAL PLATAFORMA

# MANUAL PLATAFORMA

---

## ENTRADA



**MERC**  
WEBMOBILE

Utilizador

Password

**LOG IN**

☐ Lembrar-me

[Esqueceu-se da password?](#)

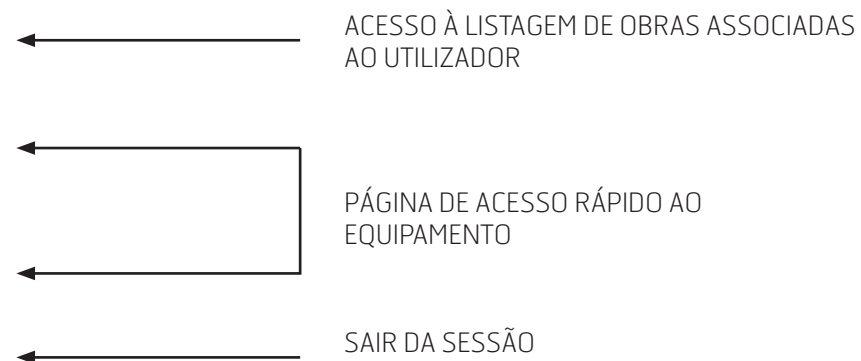
Descritivo:

Acesso à plataforma através das credenciais:  
- utilizador e palavra-passe

2

# MANUAL PLATAFORMA

## PÁGINA DE ACESSO RÁPIDO



# MANUAL PLATAFORMA

## OBRAS



Descritivo

- Listagem de todas as obras associadas ao agente de campo

4

# MANUAL PLATAFORMA

## OBRA

MERC

WEBMOBILE

NÓ DE SOURE

Localização: Soure

Mapa

Satélite

Sevilla

الجزائر

Tunis

Gibraltar

وهران

Oran

الرباط

Rabat

فاس

Fès

الدار البيضاء

Casablanca

مراكش

Marrakech

صفاقس

Sfax

تونس

(Tunisia)

Dados do mapa

Termos de Utilização

Comunicar um erro no mapa

Dono de Obra: Brisa

Responsáveis:

Nome: Engº Manuel Silva

Email: manuel.silva@brisa.pt

Telemóvel: 214448500

Função: Responsável Dono de Obra

Cliente: Ferrovia

Descritivo

- Apresentação de todos os dados relativos à obra selecionada

5

© COPYRIGHT 2014. TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.

25.06.2014

# MANUAL PLATAFORMA

## OBRA

<b>Responsáveis:</b> Nome: Engº Bruno Carvalho Email: bruno.carvalho@ferrovial.pt Telemóvel: Função: Responsável Cliente
<b>Descrição Geral do Projecto:</b> <b>1. Descrição da obra de arte</b> A obra de arte do Nó de Soure, Passagem Inferior PI 241ª, do Sublanço Pombal / Condeixa, da A1 – Autoestrada do Norte, tem por objetivo promover uma ligação à zona Nascente do concelho de Soure (Distrito de Coimbra), bem como à Estrada Nacional N.º 1 (IC2), junto às localidades de Casconho e Porto Coelho.  O dimensionamento do tabuleiro assegura a implantação transversal da Autoestrada na sua situação futura após o alargamento para 2x4 vias, acrescido de passadiços de serviço, protegidos da via por guardas de segurança flexíveis, resultando assim para o tabuleiro uma largura total de $19.80 + 22.20 = 42.00\text{m}$ .  A Passagem Inferior PI 241A é uma obra de 3 vãos, constituída por um tabuleiro, contínuo assente em 2 fiadas de pilares centrais e em 2 encontros perdidos. O tabuleiro foi realizado com um conjunto de vigas pré-fabricadas pré-esforçadas solidarizadas por uma laje betonada “in situ” e com continuidade sobre os apoios intermédios assegurada apenas por armaduras passivas.  As larguras dos 2 meios tabuleiros resultantes do perfil final da AE1 conduzem a tabuleiros que foram realizados por lajes vigadas constituídas por 10 e 9 vigas “T” pré-fabricadas pré-esforçadas, de altura constante e ligadas superiormente entre si por uma laje com 0.20m de espessura, betonada diretamente sobre os banzos superiores das vigas.
<b>Observações:</b>

Descritivo

- Apresentação de todos os dados relativos à obra selecionada (continuação)

# MANUAL PLATAFORMA

## OBRA

<b>Aparelhos de Apoio:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>◦ V-Max AGPL 800/100-300-SourceVM00018</li><li>◦ V-Max AGPL 800/100-300-SourceVM00016</li><li>◦ V-Max AGPL 800/100-300-SourceVM00015</li><li>◦ V-Max AGPL 800/100-300-SourceVM00013</li><li>◦ V-Max AGPL 800/100-300-SourceVM00012</li><li>◦ V-Max AGPL 800/100-300-SourceVM00011</li><li>◦ V-Max AGPF 800-350-400-Source00009</li><li>◦ V-Max AGPF 800-350-400-Source00003</li><li>◦ V-Max AGPF 800-350-400-Source00008</li><li>◦ V-Max AGPF 800-350-400-Source00007</li><li>◦ V-Max AGPF 800-350-400-Source00006</li><li>◦ V-Max AGPF 800-350-400-Source00005</li><li>◦ V-Max AGPF 800-350-400-Source00004</li><li>◦ V-Max AGPF 800-350-400-Source00002</li><li>◦ E-Link B 300X300X30 – Source00004</li><li>◦ E-Link B 300X300X30 – Source00003</li><li>◦ E-Link B 300X300X30 – Source00002</li><li>◦ E-Link B 300X300X30-Source00001</li><li>◦ V-Max AGPL 800/100-300-SourceVM00010</li><li>◦ V-Max AGPL 2500/70-200</li><li>◦ V-Max AGPF 800-350-400-Source00001</li></ul>
<b>Juntas de Dilatação:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>◦ Thormajoint – Source</li></ul>

### Descritivo

- Apresentação de todos os dados relativos à obra selecionada (continuação)

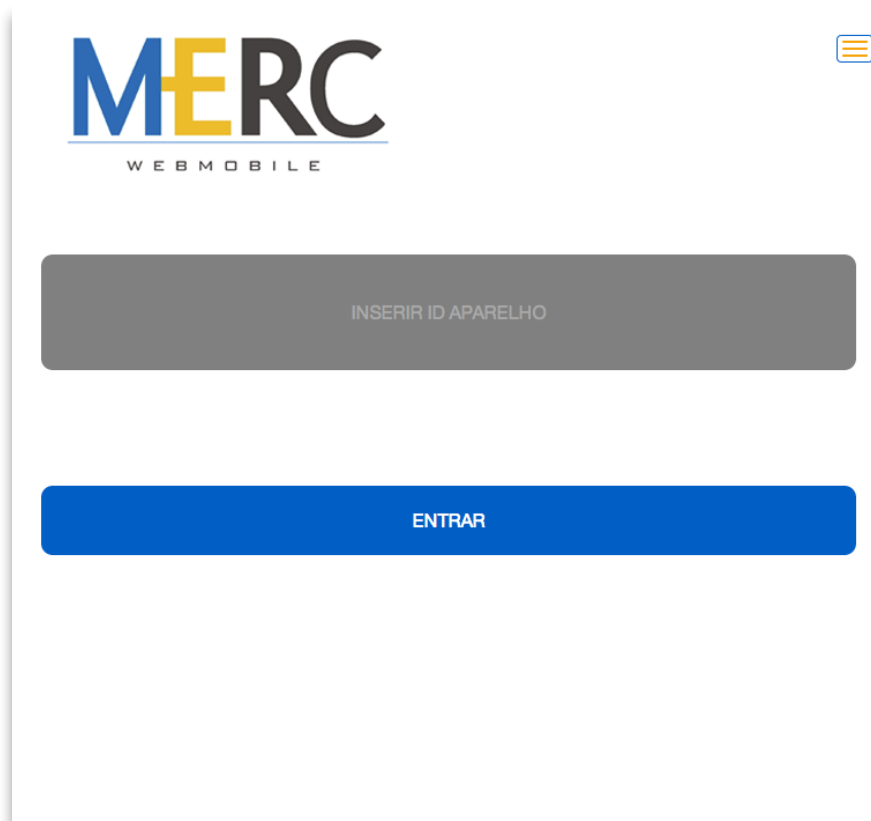
7

- Ligação aos vários equipamento que compõem a obra



# MANUAL PLATAFORMA

## ACESSO RÁPIDO AO EQUIPAMENTO



MERC  
WEBMOBILE

INSERIR ID APARELHO

ENTRAR

Descritivo

- Acesso direto ao equipamento através da inserção do ID único do mesmo (aparelho de apoio / junta de dilatação)

8

CAIXA DE TEXTO PARA INTRODUÇÃO DE ID

# MANUAL PLATAFORMA

## EQUIPAMENTO



V-MAX AGPL 9000/430-600 – INFERNO – VM00042

INSTALAÇÃO

Projeto: Viaduto do Vale do Inferno
Marca: AGOM
Modelo: V-Max
Referência: VM00042
Data de fabricação: 12/09/2012
Data de instalação: 25/10/2012
Manuais: <ul style="list-style-type: none"><li>Manual de Reparação de Tinta AA</li></ul>

CÓDIGO QR

Descritivo

- Página de equipamento antes da instalação

9



DESIGNAÇÃO DO EQUIPAMENTO



BOTÃO PARA PREENCHER CHECKLIST DE INSTALAÇÃO



DADOS DO EQUIPAMENTO



BOTÃO PARA GERAR CÓDIGO QR

# MANUAL PLATAFORMA

## CHECKLIST DE INSTALAÇÃO



INSTALAÇÃO APARELHOS DE APOIO

Base do betão do encontro limpa	<input type="checkbox"/>
Base do betão dos pilares limpa	<input type="checkbox"/>
Colocação no local correto do aparelho de apoio	<input type="checkbox"/>
Aparelho de apoio com a orientação correta (chapa informativa voltada para a frente)	<input type="checkbox"/>
Cofragem do plinto inferior OK	<input type="checkbox"/>
Base inferior do aparelho de apoio não fica enterrada no grout	<input type="checkbox"/>
Cofragem do plinto superior OK	<input type="checkbox"/>
Depois da betonagem, verificar se aparelho de apoio ficou limpo	<input type="checkbox"/>

ENVIAR

Descritivo

- Página de preenchimento da checklist de instalação do aparelho 10

CAMPOS DA CHECKLIST QUE DEVEM SER CONFIRMADOS DURANTE A INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO

BOTÃO PARA SUBMISSÃO DA CHECKLIST

# MANUAL PLATAFORMA

## EQUIPAMENTO



V-MAX AGPL 800/100-300-SOUREVM00018

INSPEÇÃO

VER HISTÓRICO

Projeto: [Nó de soure](#)

Marca: AGOM

Modelo: V-Max

Referência: VM00018

Data de fabricação: 19/12/2012

Data de instalação: 23/01/2013

Manuais:

- [Manual de Reparação de Tinta AA](#)

CÓDIGO QR

Descritivo

-Página de equipamento após instalação

11

ACESSO À CHECKLIST DE INSPEÇÃO

BOTÃO PARA ACESSO A HISTÓRICO DE SUBMISSÕES

# MANUAL PLATAFORMA

## CHECKLIST DE INSPEÇÃO



INSPEÇÃO APARELHOS DE APOIO

Zona do aparelho de apoio limpa

Ok☐

Manter sob vigilância☐

Executar manutenção☐

Escolher ficheiro

Nenhum ficheiro selecionado

Aparelho de apoio limpo

Ok☐

Manter sob vigilância☐

Executar manutenção☐

Descritivo

- Página de preenchimento da checklist de inspeção do aparelho

12

CAMPOS DA CHECKLIST QUE DEVEM SER VERIFICADOS (APENAS É POSSIVEL ESCOLHER UMA OPÇÃO)

BOTÃO PARA ASSOCIAR FOTO RELACIONADA

# MANUAL PLATAFORMA

## HISTÓRICO





HISTÓRICO V-MAX AGPL 800/100-300-SOUREVM00018

Instalação  
21-06-2014

VER CHECKLIST

Pré-funcionamento  
21-06-2014

VER CHECKLIST

Inspeções

Data	21-06-2014
Agente	FEUP
VER CHECKLIST	

Descritivo

- Página com histórico de inspeções do equipamento

13



CHECKLIST DE INSTALAÇÃO



CHECKLIST DE PRÉ-FUNCIONAMENTO



LISTAGEM DAS CHECKLISTS DE INSPEÇÃO

# MANUAL PLATAFORMA

## CHEKLIST DE INSTALAÇÃO



CHEKLIST V-MAX AGPL 800/100-300-SOUREVM00018

Projeto: [Nó de soure](#)

Equipamento: [V-Max AGPL 800/100-300-SoureVM00018](#)

Tipo: Instalação

Data: 21-06-2014

[Imprimir](#)

Base do betão do encontro limpa - Confirmado
Base do betão dos pilares limpa - Confirmado
Colocação no local correto do aparelho de apoio - Confirmado
Aparelho de apoio com a orientação correta (chapa informativa voltada para a frente) - Confirmado
Cofragem do plinto inferior OK - Confirmado
Base inferior do aparelho de apoio não fica enterrada no grout - Confirmado
Cofragem do plinto superior OK - Confirmado
Depois da betonagem, verificar se aparelho de apoio ficou limpo - Confirmado

VOLTAR AO HISTÓRICO

VOLTAR AO EQUIPAMENTO

Descritivo	
- Dados resultantes do preenchimento da checklist de instalação relativa ao equipamento	14

MANUAL PLATAFORMA

CHECKLIST PRÉ-FUNCIONAMENTO

CHECKLIST V-MAX AGPL 800/100-300-SOUREVM00018

Projeto: [Nó de soure](#)  
Equipamento: [V-Max AGPL 800/100-300-SoureVM00018](#)  
Tipo: Pré-funcionamento  
Data: 21-06-2014

Imprimir

Zona do aparelho de apoio limpa - Confirmado
Aparelho de apoio limpo - Confirmado
Aparelhos de apoio sem indícios de oxidação - Confirmado
Cortina de neoprene em bom estado - Confirmado
Ponteiro de indicação de deslocamentos em bom estado - Confirmado
Escala de leitura de deslocamentos em bom estado - Confirmado
Retirar chapas vermelhas de travamento do aparelho de apoio - Confirmado
Preencher buracos com silicone - Confirmado
Placas de aço inox deslizantes limpas - Confirmado
Chapa com informação visível e em bom estado - Confirmado
Aparelho de apoio sem humidade excessiva - Confirmado
Plintos em bom estado - Confirmado
Discos de teflon dentro dos limites da chapa - Confirmado

VOLTAR AO HISTÓRICO

VOLTAR AO EQUIPAMENTO

Descritivo

- Dados resultantes do preenchimento da checklist de pré-funcionamento relativa ao equipamento

15



# MANUAL PLATAFORMA

## CHECKLIST DE INSPEÇÃO

### CHECKLIST V-MAX AGPL 800/100-300-SOUREVM00018

Projeto: [Nó de soure](#)  
Equipamento: [V-Max AGPL 800/100-300-SoureVM00018](#)  
Tipo: Inspeção  
Data: 21-06-2014

[Imprimir](#)

Zona do aparelho de apoio limpa - Executar manutenção
Aparelho de apoio limpo - Manter sob vigilância
Aparelhos de apoio sem indícios de oxidação - Executar manutenção
Cortina de neoprene em bom estado - Ok
Ponteiro de indicação de deslocamentos em bom estado - Executar manutenção
Translação longitudinal Vy (mm) -
Translação transversal Vx(mm) -
Rotação longitudinal $\alpha_x$ (graus) -
Rotação transversal $\alpha_x$ (graus) -
Escala de leitura de deslocamentos em bom estado - Ok
Chapas vermelhas de travamento do aparelho de apoio retiradas - Ok
Buracos preenchidos com silicone - Executar manutenção
Placas de aço inox deslizantes limpas - Manter sob vigilância
Chapa com informação visível e em bom estado - Ok
Aparelho de apoio sem humidade excessiva - Ok

Descritivo

- Dados resultantes do preenchimento da checklist de inspeção relativa ao equipamento

# MANUAL PLATAFORMA

## CHECKLISTS - VERSÕES PARA IMPRESSÃO



CHECKLIST V-MAX AGPL 800/100-300-SOUREVM00018

Projeto: Nó de soure  
Equipamento: V-Max AGPL 800/100-300-SoureVM00018  
Tipo: Instalação  
Data: 21-06-2014

Base do betão do encontro limpa - Confirmado
Base do betão dos pilares limpa - Confirmado
Colocação no local correto do aparelho de apoio - Confirmado
Aparelho de apoio com a orientação correta (chapa informativa voltada para a frente) - Confirmado
Cofragem do plinto inferior OK - Confirmado
Base inferior do aparelho de apoio não fica enterrada no grout - Confirmado
Cofragem do plinto superior OK - Confirmado
Depois da betonagem, verificar se aparelho de apoio ficou limpo - Confirmado

Descritivo

- Versão para impressão/pdf da checklist de instalação

17

# MANUAL PLATAFORMA

## CHECKLISTS - VERSÕES PARA IMPRESSÃO



CHECKLIST V-MAX AGPL 800/100-300-SOUREVM00018

Projeto: Nó de soure  
Equipamento: V-Max AGPL 800/100-300-SoureVM00018  
Tipo: Pré-funcionamento  
Data: 21-06-2014

Zona do aparelho de apoio limpa - Confirmado
Aparelho de apoio limpo - Confirmado
Aparelhos de apoio sem indícios de oxidação - Confirmado
Cortina de neoprene em bom estado - Confirmado
Ponteiro de indicação de deslocamentos em bom estado - Confirmado
Escala de leitura de deslocamentos em bom estado - Confirmado
Retirar chapas vermelhas de travamento do aparelho de apoio - Confirmado
Preencher buracos com silicone - Confirmado
Placas de aço inox deslizantes limpas - Confirmado
Chapa com informação visível e em bom estado - Confirmado
Aparelho de apoio sem humidade excessiva - Confirmado
Plintos em bom estado - Confirmado
Discos de teflon dentro dos limites da chapa - Confirmado

Descritivo

- Versão para impressão/pdf da checklist de pré-funcionamento

MANUAL PLATAFORMA

CHECKLISTS - VERSÕES PARA IMPRESSÃO



CHECKLIST V-MAX AGPL 800/100-300-SOUREVM00018

Projeto: Nó de soure  
Equipamento: V-Max AGPL 800/100-300-SoureVM00018  
Tipo: Inspeção  
Data: 21-06-2014

Zona do aparelho de apoio limpa - Executar manutenção
Aparelho de apoio limpo - Manter sob vigilância
Aparelhos de apoio sem indícios de oxidação - Executar manutenção
Ponteiro de indicação de deslocamentos em bom estado - Executar manutenção
Translação longitudinal Vy (mm) -
Translação transversal Vx(mm) -
Rotação longitudinal αx (graus) -
Rotação transversal αx (graus) -
Buracos preenchidos com silicone - Executar manutenção
Placas de aço inox deslizantes limpas - Manter sob vigilância

Descritivo

- Versão para impressão/pdf da checklist de inspeção

- OK não são apresentados

19

# MERC

---

W E B M O B I L E

---

MANUAL PLATAFORMA